



VF-rapport nr. 9-2021

Karbon fra jord til jord

En mulighetsstudie for sirkulær utnytting av bioavfall til biokull
som jordforbedringsmiddel og klimatiltak i Sogn

Rapport fra forprosjektet FØNIKS, finansiert av **Regionalt forskingsfond Vestland**

Adam O'Toole, Morten Simonsen, Fredrik Moltu Johnsen og Torunn Hønsi

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

VF-rapport	9-2021
Utgitt av	Vestlandsforskning
Adresse	Postboks 163, 6851 Sogndal
Prosjekttittel	Frå aske til biokol – moglegheitsstudie for etablering av sirkulær verdikjede for bioavfall i Sogn (FØNIKS)
Oppdragsgiver	SIMAS IKS
På framsida	Biokull i hånd
Foto	Astri Knudsen (GASTA design og kommunikasjon, på oppdrag fra SIMAS IKS)
ISBN	978-82-428-0438-9

Creative Commons Namngiving 4.0 Internasjonal lisens

Vestlandsforskning 2021: CC BY-NC 4.0

www.vestforsk.no

Prosjektside: [Frå aske til biokol – moglegheitsstudie for etablering av sirkulær verdikjede for bioavfall i Sogn \(Føniks\)](#)

Innhold

ENGLISH SUMMARY	8
1. INNLEDNING	10
1.1 BAKGRUNN FOR PROSJEKTET	10
1.2. GJENNOMFØRING OG METODE	10
2. HVA ER BOKULL OG PYROLYSE?	12
2.1. INTRODUKSJON TIL BOKULL	12
2.2. STABILITETEN TIL BOKULL-KARBON	13
2.3. HVA ER PYROLYSE?	14
2.3.1. Pyrolyseteknologier	15
2.3.2. Kontinuerlig drevne skruereaktorer/ sakte pyrolyse	16
2.3.3. Gassifiseringsreaktorer	16
2.3.4. Batch-reaktorer	16
2.3.5 Eksempler på teknologi for biokull-produksjon	17
2.3.6. Potensialet til biokull for CO ₂ -reduksjon i norsk landbruk	18
2.3.7. Erfaringer med tilsetning av biokull i komposteringsprosess	18
3. KARTLEGGING AV TILGJENGELIG BIOAVFALL I REGIONEN FOR BOKULLPRODUKSJON	20
3.1. BIOAVFALLSFRAKSJONER SIMAS HÅNTERER I DAG	20
3.1.1 Blandet trevirke (returtrevirke)	20
Egnethet	20
Tilgjengelighet	21
Sparte utslipp ved ny lokal produksjon av biokull	22
3.1.2. Avløpsslam	22
Egnethet og tilgjengelighet	22
Sparte utslipp ved ny, lokal produksjon av biokull	22
3.1.3. Sikterest fra kompost	23
Egnethet og tilgjengelighet	23
Sparte utslipp ved ny, lokal produksjon av biokull	23
3.1.4. Hageavfall/parkavfall	24
Egnethet og tilgjengelighet	24
3.1.5. Matavfall	24
Egnethet og tilgjengelighet	24

3.2. NYE, TILGJENGELIGE AVFALLSRESSURSER I REGIONEN	25
3.2.1. <i>Fiskeslam</i>	25
Egnethet	25
Tilgjengelighet	25
3.2.2. <i>Slakteriavfall</i>	26
Egnethet	26
Tilgjengelighet	27
3.2.3. <i>Trevirke fra veirydding</i>	27
Egnethet og tilgjengelighet	27
3.2.4. <i>Trevirke fra GROT etter skogsdrift</i>	29
Egnethet og tilgjengelighet	29
3.3. TOTALT TILGJENGELIG KARBONINNHOLD FRA BIOAVFALL I REGIONEN	30
4. FORENKLET LIVSLØPSVURDERING AV BOKULLPRODUKSJON I FESTINGDALEN	32
4.1. INTRODUKSJON	32
4.1.1. <i>Mål og omfang</i>	32
4.2. METODE	33
4.2.1. <i>Inventaranalyse</i>	33
4.2.2. <i>Miljøeffektvurdering</i>	33
4.3. BESKRIVELSE AV LIVSLØPSFASER	34
4.3.1. <i>Livsløpsfase A1 - Råvarer</i>	34
4.3.2. <i>Livsløpsfase A2 - Transport av råvarer</i>	34
4.3.3. <i>Livsløpsfase A3 Produksjon av biokull</i>	35
4.3.4. <i>Livsløpsfase A4 og A5 Transport av biokull til installasjon og installering</i>	35
4.3.5. <i>Miljøbelastninger utenfor systemgrensene</i>	35
4.4. MODELLERING AV RÅVARER	36
4.5. RESULTATER	37
4.5.1. <i>Input råvarer – oppsummering av beregninger i A1-A2</i>	37
4.5.2. <i>Hvor mye biokull kan produseres fra denne råstoffmengden?</i>	37
4.5.3. <i>Biokullproduksjon</i>	39
4.5.4. <i>Resultater og diskusjon per funksjonell enhet</i>	40
4.5.5. <i>Utslipp for transport og spredning av biokull</i>	42
4.5.6. <i>Utslppsregnskap</i>	42
4.5.7. <i>Flytskjema for utslipp av CO₂-ekvivalenter per kg biokull fra ulike råvarer</i>	45
5. KARBONBINDINGSPOTENSIAL FOR BOKULL PRODUSERT HOS SIMAS	47
5.1. HVOR STABILT ER BOKULL SOM KLIMATILTAK?	47
5.2. KARBONBINDINGSPOTENSIALET VED BRUK AV BOKULL I VESTLANDSJORD	49

5.2.1. Generelt om jordstruktur og jordkvalitet i Sogn og i Vestland	49
5.2.2. Karbonbindingspotensiale ved bruk av biokull fra bioavfall i vestlandsjord	50
5.2.3. Bruk av biokull i grønnsaksproduksjon i Lærdal?	51
6. POTENSIAL FOR VERDIKJEDESAMARBEID OM BOKULL I REGIONEN	53
6.1. EKSISTERENDE SAMARBEID OG HÅNDTERING AV BIOLOGISK AVFALL I SOGN (OG UTVIDET REGION)	53
6.2. EKSISTERENDE INITIATIV OG PRODUKSJON AV BOKULL I REGIONEN	55
6.3. NÆRINGSPOLITISKE RAMMEFAKTORER FOR VESTLAND	55
6.4. KLIMAGASSUTSLIPP I SOGN OG KLIMAPOLITISKE RAMMEFAKTORER FOR VESTLAND	57
6.5. OFFENTLIGE STØTTEORDNINGER FOR Å PRODUSERE ELLER TA I BRUK BOKULL I SOGN/VESTLAND FYLKE	60
Innovasjon Norge	63
ENOVA	64
Landbruksordninger	64
NMSK (tilskudd til nærings- og miljøtiltak i skog)	65
Regionalt miljøtilskudd i jordbruket (RMP)	65
Miljødirektoratet	65
6.6. REGELVERK SOM REGULERER BOKULLPRODUKSJON FRA ULIKE RÅSTOFF	67
6.7. DRIVERE OG BARRIERER FOR VERDIKJEDESAMARBEID OM BOKULLPRODUKSJON	69
6.7.1. Innspill fra workshop I	69
6.7.2. Innspill fra workshop II	70
6.7.3. Innspill fra spørreundersøkelse	71
6.7.4. Erfaringer og innspill fra studietur	72
Informasjon fra Oplandske bioenergi (OBIO) sitt biokullanlegg på Rudshøgda (dag 1)	72
6.7.5. Systematisering av barrierer og muligheter for etablering av verdikjede for biokull i regionen	74
Landbrukssektoren	75
Andre næringer	78
7. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER	80
7.1. FORSLAG TIL NY VERDIKJEDE FOR BOKULL I SOGN	80
7.2. KLIMAEFFEKTER AV EVENTUELL BOKULLPRODUKSJON PÅ KAUPANGER	82
7.3. ANBEFALINGER TIL SIMAS	83
7.4. POLICY-ANBEFALINGER FOR Å STIMULERE NYE VERDIKJEDER FOR BOKULL	84
VEDLEGG	89
VEDLEGG 1. INNSPILLKARTLEGGING RÅDATA LANDBRUK	89
VEDLEGG 2. INNSPILLKARTLEGGING RÅDATA FOR ANDRE SEKTORER	91
VEDLEGG 3. RESULTAT FRA SPØRREUNDERSØKELSE	93

Forord

Forprosjektet *Frå aske til biokol – mogleighetsstudie for etablering av sirkulær verdikjede for bioavfall i Sogn (FØNIKS)*, har vært et 10 måneders samarbeidsprosjekt, finansiert av Regionalt forskingsfond Vestland. Prosjekteier har vært SIMAS IKS.

Rapporten dokumenterer og oppsummerer potensialet for å etablere produksjon av biokull fra biologiske avfallsressurser i SIMAS sin innsamlingsregion i Sogn.

Vi takker for samarbeidet med SIMAS IKS, Sogn Jord og Hagebruksskule, Norsk Landbruksrådgiving, Statsforvalteren i Vestland og Kunnskapsparken i Vestland, og ønsker SIMAS lykke til med videre planlegging av biokullproduksjon i Sogn.

Sogndal, [01.11.21]

Torunn Hønsi
Prosjektleder VF

Adam O'Toole
Forsker NIBIO

Morten Simonsen
Forsker VF

Fredrik Moltu Johnsen
Forsker VF

Sammendrag

Vestlandsforskning og NIBIO har i dette forprosjektet, i samarbeid med SIMAS IKS, Sogn Jord og Hagebruksskule, Norsk Landbruksrådgiving, Statsforvalteren i Vestland og Kunnskapsparken i Vestland, gjennomført en mulighetsstudie for å utvikle produksjon av biokull fra biologiske avfallsfraksjoner som SIMAS IKS samler inn i dag, eller som de kan samle inn fra regionen. Forprosjektet har vært finansiert av Regionalt forskingsfond Vestland, og har skaffet til veie kunnskap om hvilket potensial, økonomiske, miljømessige og samfunnsmessige drivere og barrierer som finnes for produksjon og bruk av biokull i regionen.

Kartleggingen av avfallsressurser som vi har gjennomført, viser at **SIMAS kan samle inn totalt 19 652 tonn tørrstoff (TS), dvs. tørket råstoff, som inneholder totalt 8 910 tonn karbon.** Avfallsfraksjonene som er kartlagt er: trevirke fra veirydding, GROT, fiskeslam, slakteriavfall, blanda trevirke, avløpsslam, sikterest, hage og parkavfall og matavfall.

En forenklet livsløpsvurdering er gjennomført som en analyse av «vugge til port med opsjoner». Systemgrensene omfattet innhenting av avfallsråstoff, via pyrolysefabrikk til leveringssted, inkludert installasjon (spredning/nedmolding av biokull i jord). Den funksjonelle enheten som er brukt i analysen er klimagassutslipp eller energibruk *per 1 kg biokull produsert*. Resultatene fra livsløpsvurderingen viser at **SIMAS IKS kan produsere totalt 5 896 tonn biokull fra alt dette avfallsråstoffet, som til sammen inneholder 3 698 tonn karbon.** Utslippsregnskapet viser at produksjonen av biokull gir 9 157 tonn CO₂-ekvivalenter i sparte utslipp, og som vil lagres i biokullet i jorden eller brukes til andre formål. I tillegg vil det spares klimagassutslipp ved at blandet trevirke og sikterest håndteres lokalt på Kaupanger og ikke lenger sendes til forbrenning i Sverige. Denne innsparingen vil være 549,7 CO₂-ekvivalenter per år. **Totalt vil da en produksjon av 5 896 tonn biokull fra tilgjengelig avfallsråstoff for SIMAS gi netto 9 707 tonn CO₂-ekvivalenter per år i sparte klimagassutslipp.** Ser vi bare på bruken av biokullet, vil en årlig nedmolding av 5 896 tonn biokull i vestlandsjord, med 8-9 graders gjennomsnittstemperatur, **gi en stabil lagring (> 100 år) av ca. 10 000 tonn CO₂-ekvivalenter hvert år.**

Vi finner at avfallsfraksjonene veiryddeavfall og GROT, sammen med hage/parkavfall til å ha høyest potensiale for utnyttelse til biokullproduksjon pga. rent råstoff, høyt innhold av TS, høyt innhold av karbon og høyt varmepotensiale. Vi anbefaler derfor SIMAS til å bruke disse trebaserte avfallsfraksjonene som råstoff dersom de går videre med planer om biokullproduksjon i Sogn. Et

nytt pyrolyseanlegg i Sogn, bør også lokaliseres slik at overskuddsvarmen som dannes kan utnyttes som fjernvarme. Denne bioenergien kan erstatte behov for norsk energimiks til oppvarming av vann, boliger eller næringsbygg.

For å stimulere til utvikling av lokale verdikjede for produksjon av biokull fra veiryddeavfall og GROT i Sogn, må offentlige virkemidler og samfunnsmessige rammefaktorer for næringslivsutvikling og klimatiltak harmoniseres og sikre høy nok fart i den raske utviklingen vi trenger mot lavutslippssamfunnet. **Vi anbefaler derfor en gjennomgang og harmonisering av regelverket som regulerer produksjon og bruk av biokull, og av støtteordninger for uttak av biomasse og bruk av biokull i landbruket.** Vi anbefaler at man ser på nye mulige støtteordninger som kan stimulere utvikling av verdikjeder for biokull i et fremdeles umodent marked, slik som: støtte til biokull som klimatiltak og klimagassreduksjon i jordbruket, støtte til levering av biomasse til biokullproduksjon, støtte til økt dyrevelferd og ernæring, støtte til oppgradering av husdyrgjødsel, støtte til bekjempelse av skadelige mikroorganismer og spiredyktige frø gjennom pyrolyse, støtteordninger for å bruke aktivisert biokull som erstatning for torv i private hager og hagelag.

English summary

In collaboration with SIMAS IKS, Sogn Jord og Hagebruksskule, Norsk Landbruksrådgiving, Statsforvalteren i Vestland and Kunnskapsparken i Vestland, Western Norway Research Institute and NIBIO have conducted this feasibility study to develop production of biochar from biological waste fractions that SIMAS currently collect or could collect from the region in the future. The pilot project has been funded by the Regional Research Fund Vestland, and has provided insight into the potential, economic, environmental, as well as social drivers and barriers that exist for the production and use of biochar in the region.

The waste resource survey we have carried out shows that **SIMAS can collect a total of 19 562 tons of dry matter (TS) of raw materials, which contains a total of 8 910 tons of carbon.** The waste fractions that have been mapped include wood from road clearing activities, GROT, fish sludge, slaughterhouse waste, mixed wood fraction, sewage sludge, sieve residue from compost production, garden waste and food waste.

A simplified life cycle assessment has been carried out as an analysis of "cradle to door with options". The system boundaries include the collection of waste raw materials, via a pyrolysis factory to the place of delivery, including installation (spreading/mixing of biochar in soil). The functional unit used in the analysis is greenhouse gas emissions or energy consumption per 1 kg of biochar produced. The results from the life cycle assessment shows that **SIMAS can produce a total of 5 896 tons of biochar from all this waste raw material.** The emission accounts show that **to produce the biochar provides 9 157 tons of CO₂ equivalents in saved emissions,** and which may be stored in the biochar in the soil or used for other long-lived purposes. In addition, greenhouse gas emissions will be prevented by handling mixed wood and sieve residues locally at Kaupanger and not sending them for incineration in Sweden. This saving will be 549,7 tons of CO₂ equivalents per year. In total, **a production of 5 896 tons of biochar from available waste raw materials for SIMAS will save greenhouse gas emissions corresponding to net 9 707 tons of CO₂ equivalents per year.** If we only look at the use phase of the biochar, e.g., if 5 896 tons each year are plowed into Western Norwegian soils, holding an average temperature of 8-9 degrees Celsius, this will provide **a stable storage (> 100 years) of approx. 10 000 tons of CO₂ equivalents annually.**

We find that the waste fractions road cleaning waste and GROT, together with garden / park waste hold the highest potential for utilization for biochar production as they consist of pure raw wood material, have high contents of TS and carbon, and have a high heating potential. We therefore recommend that SIMAS to use these wood-based waste fractions as raw materials if they decide to go ahead with plans for biochar production in Sogn. A new pyrolysis plant in Sogn should also be located so that the surplus heat generated can be utilized as district heating, which can replace the need for a Norwegian energy mix for heating water, homes, or public/enterprise buildings.

To stimulate the development of local value chains to produce biochar from road cleaning waste and GROT in Sogn, public instruments and societal framework factors for business development and climate measures must be harmonized to ensure a sufficiently rapid development towards the low-emission society of the future. **We therefore recommend a review and harmonization of the regulations that regulate the production and use of biochar, and of support schemes and incentives for extraction of biomass and use of biochar in agriculture.** We recommend development of new possible support schemes that could stimulate value chain development of biochar in a still immature market, such as: support for biochar as a climate mitigation measure and means of reducing greenhouse gas emissions in agriculture, support system for delivery of biomass for biochar production, support system for increased animal welfare and nutrition, support system for upgrading livestock manure, support for the control of harmful microorganisms and germinating seeds through pyrolysis and support schemes for using activated biochar as a peat substitute in private gardens and horticulture establishments.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn for prosjektet

Det interkommunale avfallsselskapet i Sogn, SIMAS IKS, håndterer i dag store mengder biologisk nedbrytbart avfall (bioavfall) for sine sju medlemskommuner og tar imot matavfall og noe hageavfall til kompostering fra Nordfjord Miljøverk (NOMIL). Matavfallet, rent trevirke, kloakkslam og hage/parkavfall blir i dag kompostert i kompostanlegg/rankekompostering i Festingdalen. Andre typer bioavfall blir sendt med langtransport til forbrenning og energigjenvinning i Østfold eller Sverige. Denne handteringen er ikke lenger i tråd med FNs bærekraftsmål og strategiske mål for selskapet, siden rest-ressursene ikke blir utnyttet best mulig, handteringen er kostbar og den slipper ut store mengder klimagasser. SIMAS har tatt initiativ til forprosjektet FØNIKS, for å se på muligheter for å utvikle en ny sirkulær verdikjede for bioavfallet i regionen, ved å produsere biokull i et framtidig pyrolyseanlegg i regionen. SIMAS vil f.eks. blande produktet biokull sammen med komposten de produserer fra matavfall, og kombinasjonsproduktet er tenkt brukt til jordforbedring, klimatiltak/karbonlagring og klimatilpasning i grøntanlegg, hager og landbruksjord.

Interessen for biokull er sterkt voksende i Norge, men kommersiell produksjon av biokull er fremdeles på et tidlig stadium. Dersom det etableres et pyrolyseanlegg i Sogn i regi av SIMAS, vil dette være det første anlegget for produksjon av biokull i større skala i Vestland.

1.2. Gjennomføring og metode

Forprosjektet FØNIKS har skaffet til veie kunnskap om hvilket potensial, økonomiske, miljømessige og samfunnsmessige drivere og barrierer som finnes for produksjon og bruk av biokull i regionen. Vi forskere har i dette prosjektet praktisert samproduksjon av kunnskap (co-production) med ulike verdikjedeaktører gjennom: tverrfaglige digitale prosjektmøter (5 stk.), en digital workshop 26. mars 2021 (31 deltakere), studietur til Oplandske Bioenergis biokullanlegg på Rudshøgda og workshop om biokull i landbruket 2.-3. september 2021 (for 10 + 2 deltakere) og en workshop i Sogndal (32 deltakere).

Vi har benyttet en kombinasjon av kvalitative og kvantitative metoder i forprosjektet: personlig kommunikasjon med informanter via e-post og telefon, skriftlig spørreundersøkelse (survey),

workshops, studietur, litteratur- og dokumentanalyse og forenklet LCA-analyse for å sammenligne klimagassutslipp (GhG) ved ulike råstoff og handteringsløp for bioavfallet SIMAS kan benytte til biokullproduksjon.

Rapporten er en spesialtilpasset kunnskapsoppsummering om biokull, pyrolyse og LCA-analyse av tilgjengelig biologisk avfallsråstoff for SIMAS IKS, men har likevel verdi for mange flere. Vi har strukturert rapporten fra kunnskapssammenstilling om biokull og pyrolyse/teknologi, til kunnskap om og tilgjengelighet av råstoff, til miljø og klimavurderinger av biokullproduksjon fra ulike råstoff, til langvarige karbonbindingspotensiale for biokull i typisk vestlandsjord og til hvilke barrierer og driveres om finnes regionalt for etablering av en verdikjede for biokull. Rapportens kapittel relaterer seg til konkrete mål og delmål i prosjektet vist med kursiv tekst i tabell 1.

Tabell 1: Strukturering av rapporten etter innhold og delmål i forprosjektet FØNIKS

KAP 1	KAP 2	KAP 3	KAP 4 og KAP 5	KAP 6	KAP 7
Innledning	Om biokull og pyrolyse	Om råstoff	Miljø/klimavurdering av biokullproduksjon	Verdikjedeutvikling	Konklusjon og anbefalinger
		(DM1): <i>Gjere ei kartlegging av bioavfall tilgjengelig for biokol-produksjon i regionen i dag og i framtida</i>	(DM3): <i>Identifisere teoretisk karbonbindingsevne til biokol frå ulike bioavfallsfraksjonar og prosessar ved bruk i typisk Vestlandsjord</i> (DM4): <i>Kvantifisere og samanlikne karbonfotavtrykket til biokolproduksjon i Festingedalen opp mot andre handteringsalternativ for bioavfall.</i>	(DM2): <i>Etablere samarbeid med verdikjedeaktørar og identifisere drivarar og barrierar for bruk av biokol i den regionale marknaden</i>	

I kapittel 6 er det samlet inn en stor mengde kvalitative data, gjennom enkeltinnspill og gruppeinnspill om barrierer og muligheter som finnes blant verdikjedeaktører i regionen. Vi har benyttet et enkelt rammeverk for systematisering og kategorisering av innspillene, inspirert av Bocken et. al. (2013) sitt verktøy, *value mapping tool*. Forprosjektet har ikke hatt rom for å gå i dybden med kvalitative analyser av personlige eller institusjonelle standpunkt, meninger eller verdiytringer fra de tre workshopene, studieturen, spørreundersøkelsen og diskusjonene i prosjektgruppen. Alle innspillene er likevel tatt med, og enkelt systematisert som muligheter og barrierer innenfor de tre dimensjonene av bærekraft: sosial, økonomi og miljø. Slik vil alle de gode ideene og innspillene fra verdikjedeaktører tas med videre ved utvikling av nye verdikjeder for bioavfall i regionen og for tilrettelegging av nye politiske og økonomiske rammefaktorer for biokull.

2. Hva er biokull og pyrolyse?

2.1. Introduksjon til biokull

Biokull er de forkullede restene som gjenstår etter at biomasse har blitt varmet opp under oksygenfattige forhold (dvs. ufullstendig forbrenning eller pyrolyse). I kontrast til ubehandlet biomasse, f.eks. flis, bark og blader, er karboninnholdet i biokull svært motstandsdyktig mot biologisk nedbrytning. Av den grunn er biokull blitt forsket på som et mulig klimatiltak i landbruk, hvor biokull pløyes ned i jorden og bidrar til karbonlagring over lang tid (>100 år).



Figur 1: Biokull i fin og grov sortering. Bildet er tatt på studieturen til Opplandske bioenergis biokullanlegg på Rudshøgda. Foto: Torunn Hønsi.

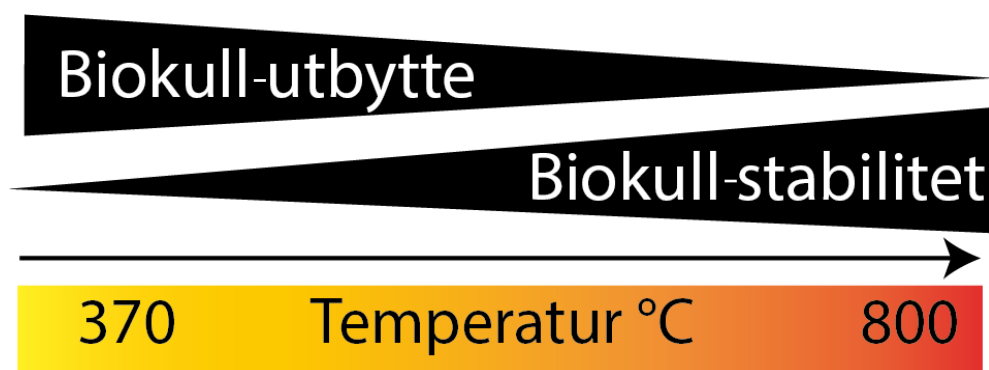
Anekdotiske bevis for biokullets karbonlagringsevne finnes fra kullgroper i norske skoger hvor biokullrester kan være flere hundre år gamle (Narmo, 1996). Skog- og gressbranner i historisk tid har også bidratt til jevnlig bidrag av biokull-karbon til jordsmonnet. Globalt, er det antatt at biokull produsert fra tidligere skog- og gressbranner er opphavet til ca. 12 % av det organiske karbonet som i dag finnes i jordsmonnet (Reisser et al. 2016). Forskning på bruk av biokull i jordbrukssammenheng har skutt fart de siste 10-15 årene globalt og de siste 10 årene i Norge. En inspirasjonskilde for forskningen var oppdagelse av fruktbare jordlapper i Amazonasjungelen, lokalt kjent som «Terra preta» eller sort jord. Terra preta har et moldinnhold med opptil 40 % biokull. Terra preta er en kompleks sammensetning av flere materialer, som er tilsatt den

opprinnelige mineraljorden, og det forventes ikke at man kan skape en slik fruktbar jord uten andre tilsetninger f.eks. kompost, leire, og ikke minst forvitringstid, som er viktig for at aggregatdannelse og kjemiske- og mineralske reaksjoner finner sted (Glaser mfl. 2002).

Likevel antas det at biokull-innholdet er en viktig og bestandig komponent i Terra preta og har en katalyserende effekt på oppbygging av organisk karbon og dermed jordas funksjonalitet. Terra preta er en næringskilde for planter og jordbiota, og et vekstmedium for planter, og boplass for mikrober. Den første serien av biokull-forsøk, utført de siste 10-15 årene, har vanligvis testet agronomi- og miljøeffekter av rent biokull, dvs. ikke blandet biokullet med kompost, møkk eller andre tilsetninger. Dette ble gjort slik at forskere kunne skille effekter av biokull alene særskilt fra andre «forstyrrende» faktorer. En del agronomiske fordeler har blitt kartlagt etter bruk av biokull, f.eks. økt vannlagringsevne i sandholdig jord, økt aggregatstabilitet og økt vanntransport i leirjord. Derimot har avlingseffekten ved bruk av rent biokull tilsatt mineraljord i Norge og andre land med tempererte klima ikke vært særlig imponerende (O'Toole et al. 2018). De fleste forsøk finner enten ingen effekt på avling eller en svak oppgang. Derimot har man sett at i næringsfattig og surt jordsmonn, som finnes i tropiske land, har biokull hatt en formidabel avlingseffekt (Cornelissen mfl. 2013, Kätterer mfl. 2019). Dette skyldes hovedsakelig at biokull gir en mild til moderate kalkingseffekt i surjord og øker jordas evne til å holde på og utveksle næringsstoffer (såkalt kationbyttekapasitet (CEC)). Biokull har også god evne til å holde på vann på grunn av sin porøse struktur og store overflate.

2.2. Stabiliteten til biokull-karbon

Når biomasse blir pyrolysert ved >370 grader C, mister man i stigende grad flyktige grunnstoffer i gassfasen (C, S, H, O) (Budai mfl., 2016). Karboninnholdet som er igjen, endrer struktur og blir omformet i aromatiske ringer. Disse aromatiske karbonringene krever en høy energi investering for at sopp og bakterier kan fordøye det. Derfor blir biokull ikke foretrukket som matkilde sammenlignet med lettere fordøyelige karbonkilder i jord. Det er vist at hvis temperaturen i en pyrolyseaktor økes, vil dette gi en ytterlig forsterkning i biokullets karbonstabilitet, men samtidig vil mengden biokull som produseres fra biomassen (biokull utbyttet) bli lavere (Fig. 2).



Figur 2: Sammenhengen mellom biokull-utbytte og biokull-stabilitet ved varierende temperatur (visuell forenkling).

Karbonbindingsevnen til biokull er styrt av to hovedfaktorer:

- **Biokull-utbytte** (mengde biokull som er produsert per råstoffenhhet som er brukt).
- **Stabiliteten til karboninnholdet i biokullet** som er produsert (biokull-C-stabilitet).

Graden av biokull karbonstabilitet i biokullet er styrt av ytterligere tre hovedfaktorer:

- **Fysiologiske og kjemiske egenskaper ved råstoffet** som inngår i biokull-produksjon f.eks. C, H, O, aske, lignin-/hemicellulose-/cellulose-balanse osv.
- **Pyrolyseteknikk**, som temperatur i reaktoren, biokullets oppholdstid i reaktoren, og gassatmosfæren i reaktoren (CO₂, N₂, og mengde O₂).
- **Miljø- og lagringsforhold** i jorda som tilføres biokull.

Biokull-karbonet kan brytes raskere ned ved høyere jordtemperaturer. Derfor er oppholdstiden til biokull som blir lagret i norsk jord høyere enn for land nærmere ekvator. I våre beregninger, har vi brukt en nedbrytingskalkyle hentet fra Woolf et al. 2021. Vi ser at 14 % mer biokull-karbon vil være lagret i et vestlandsk jordsmonn (med en årlig gjennomsnittstemperatur på 8-9 grader i jorda) i et 100-års perspektiv, sammenlignet med gjennomsnittet for globale landbruksområder (jordtemperatur på 14,9 grader).

2.3. Hva er pyrolyse?

Pyrolyse er en termisk prosess hvor biomasse varmes opp i en reaktor uten eller med begrenset O₂-tilgang. Resultatet er en fraksjonering av biomasse i tre deler:

- Pyrolyse-olje (5-40 %)
- Syngass (5-40 %)
- Biokull (10-35 %)

Pyrolyseprosessen kan styres med å regulere temperaturen i brennkammeret og oppholdstiden, for å få ut mer av en av fraksjonene f.eks. pyrolyse-olje (Tabell 2). Pyrolyseolje er en flytende fraksjon, som består av tjære, tyngre hydrokarboner og vann. Utbyttet av pyrolyseolje er avhengig av teknologi og prosessparametere, bl.a. temperatur, oppvarmingstid og hastighet. Pyrolyseolje har ca. halvparten av brennverdien til fossil olje, og kan ha høyt innhold av O_2 og H_2O . Uten oppgradering er ikke pyrolyseolje blandbart med fossil olje. Syngass består av ikke-kondenserbare gasser, som CO , H_2 , og en mindre del av CH_4 (ca. 3-5 %). Mengde av syngasser er avhengig av teknologi og prosessvalg. Ved gassifisering produserer man hovedsakelig syngass, en mindre del biokull og ingen pyrolyseolje. Biokull er den faste fraksjonen fra pyrolyse og består av ca. 40-90 % karbon, avhengig av hvilke råstoff som er brukt. Biokull laget av husdyrgjødsel har for eksempel lavere karboninnhold enn biokull laget fra rent trevirke.

Tabell 2: Prosessparameter som styrer utbyttet av ulike pyrolyseprodukter (avledet fra Basu, 2010)

Ønsket maksimert fraksjon	Oppvarmingstid	Oppvarmingshastighet	Temp.°C
Mest biokull	Sakte (<1 t)	Sakte	400-600
Mest pyrolyseolje	Kort (sekunder)	Høy	500-700
Mest syngass	Kort (sekunder)	Høy	800-1200

2.3.1. Pyrolyseteknologier

For at SIMAS kan foreta en grundig evaluering av om de vil starte opp med pyrolyse og biokullproduksjon, er det viktig å ha en forståelse av prosessen og hvilke teknologier som finnes på markedet i dag. Som en hovedregel, er det viktig at pyrolyseteknologi velges ut basert på den hovedtypen av biomasse som vil bli brukt. Selv om leverandører lover at alle mulige typer råstoffer kan bli pyrolysert i sine ovner, viser praktiske erfaringer at man skal være nøye med å matche råstoff med riktig teknologi. Det er også viktig å ikke undervurdere kostnadene som kan vente oppstrøms og nedstrøms av en pyrolyseovn, som er like viktig som forbrenningsprosessen, f.eks. tørking av biomassen som skal brennes. Oplandske bioenergi (OBIO) nevnte på studieturen at fortørkingsteknologien faktisk kostet mer å kjøpe inn enn selve pyrolyseovnen. Behov for tørking av råstoff er selvfølgelig avhengig av hvilken biomasse som velges.

2.3.2. Kontinuerlig drevne skruereaktorer/ sakte pyrolyse

Denne teknologien innebærer oppvarmingstemperaturer mellom 370 og 650 °C. De mest utbredte pyrolysereaktorene i Europa for biokull-produksjon er slike skruereaktorer hvor biomasse f.eks. flis, skrus gjennom et oppvarmet og luftfritt rør, og der de brennbare gassene (syngassen) er utløst og forbrent i et eksternt kammer. Forbrenning av syngass føres tilbake i motsatt retning rundt pyrolyse skruen for å holde tilstrekkelig høy temperatur (>370 °C) for kontinuerlig produksjon. Når man bruker råstoff med lavt fuktinnhold, f.eks. <30 % så vil det ordinært dannes overskuddsvarme, som kan brukes til nyttige formål (oppvarming av boliger, og bygg eller tørking av innkommende fuktig biomasse). Eksempler på slike skruereaktorer som er tilgjengelige på markedet i dag, er Pyreg og Biomacon, begge fra Tyskland.

2.3.3. Gassifiseringsreaktorer

Gassifisering er en termisk prosess hvor biomasse blir oppvarmet via tilførsel av en kontrollert mengde av O₂, som fører til en større utgassing av CO og H₂ fra biomasse. Disse gassene kan deretter blir forbrent for varmeproduksjon i et eksternt forbrenningskammer eller destillert og raffinert til flytende biodrivstoff. Gassene kan også bli rensset og ført direkte i en forbrenningsmotor til strømproduksjon eller kinetisk energi. Slik teknologi var brukt i Norge under andre verdenskrig og kjent som knottgeneratorer¹. Gassifisering produserer en mer beskjeden mengde biokull (ca. 10-15 vekt%) som er ca. halvparten av det sakte pyrolyse/skrue reaktorer produserer (20-30 vekt%).

2.3.4. Batch-reaktorer

Det finnes også en rekke batch-reaktorer som innebærer manuell eller maskinell fylling av beholdere som varmes opp i batch (hver for seg). Flere batch-reaktorer kan kobles sammen i serie slik at overskuddsvarme fra en batch kan varme opp den neste reaktoren som står ved siden av. Denne typen prosess har i stor grad vært bruk for produksjon av industrielt trekull produksjon til grillkull -markedet, og er særlig egnet til forkulling av biomasse av større dimensjoner (trekubber, grener). Trekullproduksjon er avhengig av at biomassen er i «lump» form (store biter). I tillegg fylles beholderen med kubber eller grener, for å sørge for bedre porøsitet i reaktoren, og bedre varmeoverføring til biomassen, i tillegg til at syngassene slipper lettere ut av reaktoren enn om reaktoren var fylt tett med flis. Flere leverandører selger slike batch-reaktorer i Europa, for

¹ <https://no.wikipedia.org/wiki/Knottgenerator>

eksempel Exeter kiln fra Storbritannia. En variant av Exeter kiln-ovnen er blitt utviklet videre i Norge av Helge Hauge, en bonde i Sætre.

2.3.5 Eksempler på teknologi for biokull-produksjon

Det finnes flere pyrolyse-reaktorer på markedet som kan brukes til produksjon av biokull. Vi har i figur 3, gitt noen eksempler på firma som produserer reaktorer som finnes i Norge eller Norden i dag.

- **Standard Bio AS** – Pyrolyseovn og biogjødsel fabrikk produsent i Bø Telemark.
<https://www.standard.bio/solution>
- **Biomacon** – En sakte pyrolyseovn produsert i Tyskland. I Norge er ovnen installert på et biokull anlegg i Sandnes kommune, hvor kvernet avfall er råstoffet som brukes til biokull-produksjonen. Samme ovn står også på anlegget til OBIO på Rudshøgda.
- **Pyreg** – En sakte pyrolyseovn fra Tyskland. www.pyreg.de. I Norge er en Pyreg P500 installert ved [Jordpro AS](#) i Trondheim.
- **Aquagreen** (Denmark) produserer en kombinert slamtørker og pyrolyse maskin, som egner seg til tørking og forkulling av fiskeslam og kloakkslam. www.aquagreen.dk
- **Scandi Energy** - Et norsk selskap som produserer en gassifiseringsovn som produserer biokull og energi. Fokus på avfallshåndtering til kunder. <https://www.scandienergy.no/>
- **VOW** - Et norsk selskap som utvikler både mikrobølge og strøm drevet pyrolyse teknologi <https://www.biogreen-energy.com/og> <https://www.vowasa.com/solutions> Deres teknologi er under pilot testing og utvikling hos Lindum AS i Drammen.
- **C.H Evensen** - Et norsk selskap som produserer industriovner blant annet den som står ved Standard Bio AS og som har lang industri erfaring. Basert i Fredrikstad. <https://che.no/no/green-technology/>
- **CarboFex**. Et finsk selskap som produserer en sakte pyrolyseovn til biokull- og bioenergiproduksjon. <https://www.carbofex.fi/Home>
- **Wei Environmental solutions** - et norsk selskap som utvikler teknologi som lager synergier med biogass industri, hvor biokull også er et biprodukt, <https://waies.no/solutions/#pyrolysis>

Figur 3: Oversikt over ulike produsenter av pyrolyseovner som finnes på markedet i Norge/Norden i dag.

Vi er kjent med at flere regionale selskaper er i oppstart/uttestingsfase av ny pyrolyseteknologi, bl.a. hos Hellenes AS i Førde (Bio-TTU) og Furnes Biokull i Sunnfjord (batch-reaktor).

For flere muligheter rundt teknologi kan SIMAS ta kontakt med Norsk Biokull nettverk som holder oversikt over kommersielle aktører i Norge og i utlandet som tilbyr pyrolyseteknologi for det norske markedet.

2.3.6. Potensialet til biokull for CO₂-reduksjon i norsk landbruk

NIBIO utredet i 2019 det teoretiske potensialet for CO₂-reduksjon ved ulike tiltak for karbonlagring i jord (Rasse et al. 2019). Biokull var inkludert som et av tiltakene, og det ble estimert en teoretisk CO₂-reduksjon på 0.9 M t CO₂ per år. Dette forutsetter at 50 % av sekundærråstoffet (skogsavfall (GROT), bark, sagflis, hestemøkk, halm osv.) som er tilgjengelig i landet blir utnyttet til biokull produksjon. I den nylig lanserte rapporten Klimakur 2030, var det antatt at Norge bare klarer å utnytte ca. en tiendedel av dette potensialet (0.08 M t per år) fordi verdikjeden for biokull produksjon er umoden, noe som gjør det usikkert hvor mye av potensialet vi vil klare å realisere de neste 10 årene. Vi viser til NIBIO rapport 36/19 for flere detaljer (Rasse et al., 2019). Rasse et. al. 2019 estimerte på grunnlag av meta-analyse data fra Lehmann mfl. 2015 at ca. 70 % av biokull-karbonet er så stabilt at det ikke brytes ned i jorden etter 100 år. I et nylig publisert studie av Woolf mfl. 2021, tar man også høyde for klima og lagringsforhold der biokullet er spredt. De beregningene vi har gjort i dette forprosjektet, viser at hele 80 % av biokull-karbonet (fra trevirke pyrolysert >500 °C) ikke vil være nedbrutt etter 100 år, i et vestlandsjordsmonn med en årlig gjennomsnittlig jordtemperatur på 8-9 °C. Det betyr at karbonlagringseffekten fra biokull i norske jordsmonn trolig er mer positiv enn det Rasse et. al. (2019) først antok.

2.3.7. Erfaringer med tilsetting av biokull i komposteringsprosess

Et bruksområde for biokull som er høyst aktuelt for SIMAS, er å tilsette biokull i eksisterende kompostranker. Erfaringer med tilsetting av biokull under kompostering viser at man oppnår en varmere termofilfase (den perioden i starten når temperaturen er høyest) og en jevnere temperaturprofil (upublisert NIBIO forsøk 2021). Dette kan skyldes at biokull fungerer som et strukturmateriale som ikke selv forsvinner under kompostering, pga. høy C-stabilitet, som tidligere nevnt. I et komposteringsforsøk med tilsetting av 3 % vekt biokull (0-10 mm) av eik til hønsemøkk (78 % vekt) og bygghalm (22 %), var komposten moden på 20 % kortere tid. Det skyldes at biokull førte til mindre dannelse av store klumper >70 mm, som ellers kan bli anaerobe og hemme mikrobiell aktivitet (Sánchez-García m.fl. 2015). Akselerert nedbrytning av kompost fra tilsetting av biokull er et ofte rapportert funn fra flere tidligere studier (Steiner mfl. 2010, Sanchez-Montero mfl. 2018). En mindre fraksjon av biokullkarbon er biotilgjengelig og dette vil trolig bli brukt opp av mikrobene i komposteringsprosessen. Den stabile fraksjonen som er igjen, blir en større vektfraksjon etter at komposteringen er ferdig, ettersom mye av de organiske materialene blir nedbrutt til en humus fraksjon (Fischer mfl. 2018). For eksempel, kan en 10 % vekt-innblanding av biokull i starten bli til en 20 % vektfraksjon i moden kompost. Utseendemessig kan dette også gi kompost med mørkere farge enn kompost uten biokull. I forhold

til hvor mye biokull man skal tilsette til kompost, har flere studier (inkludert en ny studie utført av NIBIO) vist at 10 % vektinnblanding er en passelig mengde for å forbedre komposteringsprosessen (Fischer mfl. 2018, NIBIO forsøk, Simon Weldon personlig samtale). Tilbakemeldinger fra NIBIO-forskere som var ansvarlig for forsøket, rapporterte om at en biokull-tilsetning på 5 % reduserte N₂O (lystgass), men økte CH₄-utslippet (metan). Nettoresultatet var at redusert N₂O-utslipp veide opp for økt CH₄-utslipp. Et pottforsøk gjort i etterkant med både kompost, biokull-innblandet kompost og mineralgjødning, viste ingen effekt på plantevekst ved tilsetning av biokull. De merket at temperaturen holdt seg mer stabilt med biokull-tilsetning og mente dette hadde å gjøre med hvordan biokull utjevner fukt og poreplass i kompoststrøkene. Det må understrekes at NIBIO-forsøkene ble gjort i små komposttromler, slik at resultatet ikke nødvendigvis er overførbart til store kompoststrøker. NIBIO-forsker Simon Weldon, som vil publisere resultatene sine i en forskningsartikkel i 2022, mener det ser ut til at biokull forbedrer komposteringsprosessen. Det er likevel ingen garanti for at sluttproduktet kan få ekstra agronomiske fordeler ut over tilsetning av kompost alene, i alle fall på kort sikt. På lengre sikt vil kompost tilførsel til landbruksjord nedbrytes, mens biokullinnholdet fra komposten ikke brytes ned. Derfor bør man uansett tenke at investering i biokull-kompost er en investering i langtidsoppbygging av jordsmonnets fertilitet og kvalitet.

3. Kartlegging av tilgjengelig bioavfall i regionen for biokullproduksjon

3.1. Bioavfallsfraksjoner SIMAS håndterer i dag

3.1.1 Blandet trevirke (returtrevirke)

Egnethet

I 2018 tok SIMAS imot 2382 tonn blandet trevirke (returtrevirke). Blandet trevirke er trematerialer fra rive- eller byggeaktiviteter, som er behandlet med f.eks. maling, lim, lakk eller kjemikalier, men som ikke regnes som farlig avfall. Impregnert trevirke er sortert fra som farlig avfall og er ikke omfattet av mengden over. Blandet trevirke blir i dag sendt til Østlandet eller Sverige for forbrenning med energigjenvinning/fjernvarme. Denne biomassen kan gå inn som råstoff i biokullproduksjon, men for å lage biokull fra returtrevirke kreves det flere trinn med forbehandling:

- kverning til flis
- fjerning av metallgjenstander f.eks. spikre, beslag og skruer fra materialer
- sikting i ulike størrelser ut fra tiltenkt bruksområde

Lindum AS i Drammen har et moderne flishåndteringssystem for returvirke og er et godt eksempel på beste praksis i Norge. En video av returtrevirkehåndteringen hos Lindum i Drammen er tilgjengelig [her](https://youtu.be/tlKVtMaiKcw).² I en nylig publisert studie (Sørmo et al. 2020) utført i samarbeid med Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Lindum AS, vurderte man kvaliteten på biokull produsert av flis fra returvirke fra Lindum. Innholdet av Zn viste seg å være svært høyt (2 100 mg/kg) selv om de hadde fliset, siktet, og brukte flere magneter for å fjerne metalliske gjenstander. Høyt innhold av Zn og moderat høyt innhold av Cu ble funnet til tross for at det ikke var synlige metallgjenstander i massen. De konkluderte med at metallgjenstandene trolig var veldig små og satt fast i treflisene. Gjødelsvareforskriften³ regulerer innhold av forurensende stoffer i tilsatsmidler til jord i Norge, og vil være begrensende for hvorvidt biokull fra blandet trevirke kan brukes som et jordforbedringsmiddel i Norge. Tillatt Zn-innhold i organiske gjødselvarer er vist i Tabell 3. Hvis

² <https://youtu.be/tlKVtMaiKcw> (Håndtering av returtrevirkeflis på Drammen)

³ [Gjødselvareforskriften](#)

funnene til Sørmo et al. (2020) er representative for returvirke generelt, vil det bety at Zn-nivået i biokull fra returtrevirke vil overstige tillatte grenseverdier, solgt som et jordforbedringsprodukt alene. Hvis biokull inngår i en komposteringsprosess hos SIMAS, vil det være tungmetallinnholdet i sluttproduktet (biokullholdig kompost) som avgjør hvilken kvalitetsklasse produktet ligger i. Tidligere erfaring i Norge med kompostering av returtrevirke og fiskeslam bekrefter igjen at bruk av returvirke som kompostmateriale fører til høyt innhold av Zn, Cu, og Ni i sluttproduktet (kvalitetsklasse II og III) og dermed begrenser bruksområder og salgsmuligheter (Cabell et al. 2019). Dersom SIMAS vil gå videre med returtrevirke som råstoff for biokullproduksjon, kan f.eks. dette biokullet selges og brukes i byggebransjen f.eks. som tilsats i betong og asfalt eller andre nye bruksområder (f.eks. luftfilter, batteriproduksjon). Det må regnes med grundig prøvetaking og dokumentasjon av tungmetallinnholdet i sluttproduktet, og nøye avveielser om blandingsforhold av substrater til komposteringsprosessen for ikke å overskride tungmetallgrenser som er nødvendig for salg av kompost med biokull i markedet. Mattilsynet tillater ikke at man kan blande eller fortynne seg bort fra grenseverdier når sluttproduktet er ferdig kompostert.

Tabell 3. Grenseverdier for tungmetaller tillatt for ulike kvalitetsklasser til organiske gjødselvarer under Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav

Kvalitetsklasser:	0	I	II	III
	mg/kg tørrstoff			
Kadmium (Cd)	0,4	0,8	2	5
Bly (Pb)	40	60	80	200
Kvikksølv (Hg)	0,2	0,6	3	5
Nikkel (Ni)	20	30	50	80
Sink (Zn)	150	400	800	1500
Kobber (Cu)	50	150	650	1000
Krom (Cr)	50	60	100	150

Tilgjengelighet

Vi antar i våre beregninger her og i LCA-analysen i kap. 4 at alt blandet trevirke SIMAS mottar, kan benyttes til biokullproduksjon. Vi bruker en verdi for fuktighet på 12 % for blandet trevirke, i tråd med tidligere studier av Gu and Bergman (2016). Av 2382 tonn blandet trevirke gir dette et tørrstoff-innhold på 2096 tonn og 286 tonn vann som må fjernes for å få blandet trevirke helt tørt. Med helt tørt trevirke antar vi en karbon-fraksjon på 0,5, i tråd med føringer fra IPCC⁴. **Det gir et**

⁴ IPCC: [2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol](#), Table 2.8.1

totalt bidrag på 1 048 tonn karbon (C) som input til produksjon av biokull fra blandet trevirke.

Sparte utslipp ved ny lokal produksjon av biokull

Dersom blandet trevirke brukes til produksjon av biokull lokalt, vil dette spare SIMAS for mye transport av dette avfallet til Linköping, i Sverige, der forbrenningen skjer i dag. Med en avstand på 910 km, inklusive tomkjøring til Bergen og Førde for å hente trevirke til SIMAS, får vi 2 167 829 tonn-km for hele transporten av 2382 tonn trevirke. Vi antar da at blanda trevirke fraktes med 12 % fuktighet. **Med en utslippsfaktor på 62,2 gram CO₂-ekvivalenter per tonn-km, får vi 134,9 tonn CO₂-ekvivalenter i sparte utslipp ved å kutte transport av blandet trevirke fra SIMAS til Linköping.** Alle grunnlagstall, prinsipper og beregninger av utslipp i gram per tonn-km og energibruk per tonn-km er utførlig presentert i VF-notat 1/21 (Simonsen, 2021).

3.1.2. Avløpsslam

Egnethet og tilgjengelighet

SIMAS mottok 1 312 tonn avløpsslam i 2019. Dette rankekomposteres i dag i egne ranker på deponiet. Det er godt kjent at avløpsslam også har høyt innhold av forurensende stoffer som tungmetallene bly (Pb), kadmium (Cd), Cu og Zn, og også kan inneholde sykdomsfremkallende organismer. Avløpsslam må derfor hygieniseres før lagring og bruk. Håndtering og bruk av avløpsslam til jordforbedringsmiddel er også regulert gjennom forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav (fotnote 3). Forskriften stiller krav til hvor mye tungmetaller avløpsslammet kan inneholde og begrenser bruken av mengde avløpsslam per arealenhet i jordbruket.

Avløpsslammet SIMAS mottar, har ifølge SIMAS et tørrstoff innhold på 20 %. Karboninnholdet i avløpsslam er satt til 35,8 % av tørr masse. Tallet er hentet fra en spansk studie (Comesana et.al 2018). **Fra 1 312 tonn avløpsslam får vi da 262 tonn tørrstoff og ca. 94 tonn C fra tørr biomasse til produksjon av biokull.**

Sparte utslipp ved ny, lokal produksjon av biokull

Avløpsslammet SIMAS mottar i dag, avvannes og komposteres i egne kompostranker på deponiet i Festingdalen, noe som vil kunne gi utslipp av CH₄ og lystgass. SIMAS legger i dag rankene på senger med lufting, der vifter blåser luft inn i rankene med jevne mellomrom, noe som sikrer en mer aerob prosess, med lite metandannelse. Et hovedprosjekt kan se på om det vil være

besparelser også på utslipp av klimagasser fra håndtering av dette avfallet, dersom dette går inn i en biokullproduksjon. Videre se på hvor mye av karbonet som blir igjen i biokullproduktet og hvor mye CH₄ som vil brennes opp til CO₂ i pyrolyseovnen. En ev. besparelse av klimagassutslipp ved alternativ håndtering av avløpsslam, er ikke tatt med i vår forenklete LCA-analyse i kap. 4.

3.1.3. Sikterest fra kompost

Egnethet og tilgjengelighet

SIMAS komposterer i dag matavfallet de samler inn. Sikteresten fra komposten utgjorde 430 tonn i 2019, og sendes til Geminor for forbrenning og energi-gjenvinning. Før sikteresten sendes til forbrenning er den resirkulert flere ganger i kompostranker, og vil til slutt inneholde en del plastforurensning fra matavfallet. SIMAS ønsker at sikteresten også kan gå til produksjon av biokull. Det antas her i forprosjektet at sikteresten er avvannet etter kompostering og fri for forurensede stoffer (metall, plast osv.) som kan påvirke kvaliteten til biokullet man produserer. Vi gjør vider en antakelse om at avvannet sikterest har en tørrstoffandel på ca. 15-25 prosent (Erlandsen et al. 2019), noe som er konservativt anslag, siden SIMAS opplyser at TS innholdet kanskje ligger så høyt som 70 % for sikteresten de sender til forbrenning. Karbonfraksjonen i avfallet er på 30 % av tørr masse, også et konservativt anslag hentet fra en nylig publisert NIBIO-rapport (Rasse et al. 2019). **Dette gir ca. 86 tonn tørrstoff og 26 tonn karbon tilgjengelig for produksjon av biokull fra sikterestfraksjonen.**

Sparte utslipp ved ny, lokal produksjon av biokull

Bruk av sikterest fra kompost til produksjon av biokull vil også spare transport av dette avfallet til Linköping i Sverige, hvor vi antar at sikteresten i dag leveres til energigjenvinning. Vi beregner en distanse på 736 km til Linköping. Med 430 tonn sikterest får vi 315 480 tonn-km for hele transporten. **Med utslippsfaktor på 63,4 gram CO₂-ekvivalenter per tonn-km, spares det 20 tonn CO₂-ekvivalenter ved å kutte denne transporten.**

3.1.4. Hageavfall/parkavfall

Egnethet og tilgjengelighet

I 2020 mottok SIMAS 2 812 tonn avfall fra hager og parker fra eierkommunene. Dette er helt rent trevirke, men kan inneholde fremmede plantearter⁵ og spiredyktige frø fra plantebekjempelse (f.eks. pærebrann). Det er blitt gjort en kunnskapssammenstilling for Miljødirektoratet, som viser at varmkompostering kan uskadeliggjøre fremmedarter, men at det mest problematiske planteavfallet bør sendes til forbrenning for uskadeliggjøring⁶. Pyrolyse vil derfor være foretrukket framfor kompostering til trygg bekjempelse og immobilisering av fremmede plantearter (invasive species). Biokullanlegget som Kinn kommune planlegger, er bl.a. tenkt til bekjempelse av *sverdslirekne*.

Vi har fått opplyst at hageavfallet til SIMAS har en tørrstoff-andel på 80 % (kilde: Dagny Alvik, SIMAS), noe som gir 2 250 tonn tørrvekt fra 2 812 tonn mottatt hageavfall. **Vi antar en karbonfraksjon på 0,5 per tørt trevirke i tråd med IPCC-veiledning (se fotnote 4), som gir 1 125 tonn karbon for produksjon av biokull.** Hage- og parkavfall brukes i dag som strukturtilsetning for kompostering av matavfall.

3.1.5. Matavfall

Egnethet og tilgjengelighet

I dag komposterer SIMAS alt matavfallet de tar imot, ved kompostanlegget de eier i Festingdalen. Dette kan de tenkes å revurdere ved en eventuell satsing på biokullanlegg. Vi har derfor tatt med denne fraksjonen også inn i livsløpsanalysen for biokullproduksjon i kap. 5. I 2020 komposterte SIMAS 3 542 tonn matavfall. SIMAS angir en TS-prosent på 50 % for matavfallet. Vi antar videre en karbonfraksjon på 30 % (Rasse et al. 2019). Dette er et konservativt anslag, siden karbonfraksjonen oppgis for kompost av matavfall i referansen, og noe karbon vil gå tapt underveis i komposteringsprosessen. **Våre beregninger gir da 1 771 tonn tørrstoff og 531 tonn karbon fra matavfallet som input til biokull-produksjon.**

⁵ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6630911/>

⁶ <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m982/m982.pdf>

3.2. Nye, tilgjengelige avfallsressurser i regionen

3.2.1. Fiskeslam

Egnethet

Fiskeslam er en ressurs som har høyt nivå av plantenæringsstoffer og finnes i store mengder langs Vestlandskysten. Fiskeslam er godt egnet til jordforbedringsmiddel⁷, Det er teknisk mulig å lage biokull fra fiskeslam, men det er et mer krevende råstoff av flere årsaker: høyt fuktinnhold som må fjernes før det kan forkulles, høyt innhold av nitrogen som kan gå tapt i en pyrolyse prosess og bidra til NOx-utslipp, høyt innhold av Na hvis det er fra fjord-merder, og ev. høye verdier av tungmetaller som Ar og Zn. Det danske firmaet Aquagreen A/S har testet forkulling av fiskeslam i Norge og prøvepartier har blitt inkludert i vekstforsøk i NIBIO (upubliserte data).

Tilgjengelighet

For fiskeslam brukes produksjonstall for landbaserte settefiskanlegg i regionen. Avfall fra oppdrettsanlegg med saltvann vil inneholde salt som ikke er ønskelig i biokull som skal lagres i jord. Smoltanlegg bruker ferskvann eller brakkevann som kan resirkuleres. Ifølge Asis Acosta Moreno (2016) er det 400 kg karbon per tonn fiskeslam på tørrvekt-basis. Det gir en karbonfraksjon på 0,4 per kg TS. Brekke et al (2017) nevner en tommelfingerregel om at 1 kg slam har ca. 10 % tørrstoff (TS). Ifølge Gebauer and Eikebrok (1996)⁸ har fiskeslam en TS-prosent på 10–12 på vektbasis. Bioforsk⁹ peker i en presentasjon på at næringsinnhold i fiskeslam fra laksesmolt på Kyrksæterøra har en TS-prosent på 6,2-12,3.

Produksjon av settefisk oppgis i antall og ikke tonn. Ifølge Statsforvalteren i Vestland¹⁰ er en enkel regneregel at per 780 tonn maksimalt tillatt biomasse (MTB), er det mulig å få 1 000 tonn produsert biomasse. Samme kilde viser til at en settefisk i gjennomsnitt veier 100 gram. Av dette får vi 10 000 fisk per tonn produsert mengde. I en gjennomgang av utslippstillatelser fra settefiskanlegg i regionen (tabell 4), **finner vi maksimalt mulig mengde av slam til å bli 25 976 tonn slam, med en tørrstoffmengde på 2 598 tonn og 1 039 tonn karbon tilgjengelig for biokullproduksjon.**

⁷ <https://www.hektner.no/wp-content/uploads/dokumenter/E.Y.S/TEKNISK%20INFO/NIBIO%20RAPPORT.pdf>

⁸ Sitert i del Campo, L.M., Ibarra, P., Gutiérrez, X., Takle, H.: *Utilization of sludge from recirculation aquaculture systems, Report 9/2010*, Published March 2010, side 33.

⁹ [Hva skjer med jorda? Biogass i Bioforsk](#)

¹⁰ E-post fra Statsforvalteren Vestland, 2 oktober 2017.

Tabell 4: Antatt fiskeslam og karbonmengde fra oppdrettsanlegg i innsamlingsområdet for SIMAS i tonn

Virksomhet	Tonn slam (A)	Tonn TS $B=A*0,1$	Tonn karbon $C=B*0,4$
Osland havbruk	5 645	564,5	225,8
Osland settefisk	1 700	170	68
Gulen kommune	8 110	811	324,4
Firda Settefisk Arnafjorden	250	25	10
Årøyane Sogndal	271	27,1	10,8
Floteneset, Vadheim	2 000	200	80
Djupeleget, Vadheim	2 000	200	80
Vadheim Akvapark	6 000	600	240
Sum	25 976	2 598	1 039
av dette i Høyanger	17 345	1 735	694

3.2.2. Slakteriavfall

Egnethet

Slakteriavfall er en mulig avfallsfraksjon SIMAS kan vurdere som råstoff i biokullproduksjon. De mottar ikke slakteriavfall per i dag. Slakteriavfall er en grov betegnelse, som kan omfatte bein, hud, blod, fett, vomfyll (vegetabilsk) og andre innvoller fra slakteprosessen, men det kan også være slam, gjødsel, strø og flis som brukes i slakterifjøser og slaktebiler. Det er to store slakterier i den utvidete regionen: Nortura Førde og Nordfjord kjøtt. Det kunne vært interessant å sett på plussproduktene og da spesielt beinfraksjonen for utnyttelse til biokullproduksjon. Dette fordi mineralene (Ca, K) i dyrebein kunne vært fint å kombinere med karbonrikt biokull, når biokullet skal brukes til jordforbedringsmiddel (muntlig kommunikasjon, Adam O'Toole). Beinkull er en produktvariant av biokull som har blitt brukt til fargefjerning i sukker produksjon, og blekk-kilde til malingen "Ivory Black". Beinkull består hovedsakelig av apatitt (kalsiumfosfater) og er en rik kilde til fosfor (P). En del forskning har sett på muligheten for å bruke beinkull som en P-kilde (f.eks. Siebers et al. 2013). Bein og andre slakteriavfallsfraksjoner har høyt fukttinnhold, og lavt

innhold av C og vil kreve mye kverning og tørking før de kan brukes som biokull. Avfallet går i dag til Biosirk (tidligere Norsk Protein) på Hamar, og utnyttes i dag til produksjon av dyrefôr eller energiproduksjon. Vi velger derfor å se bort fra bruk av bein og plussprodukter til biokull i våre beregninger.

Vi vurderer alt det vegetabilske avfallet fra slakteriene, som strø under dyr iblandet husdyrgjødsel og vom innholdet fra slakteriene Nortura Førde og Nordfjord Kjøtt til å være en mulig karbonkilde for biokull-produksjon hos SIMAS. Dette er avfall OBIO på Rudshøgda også vurderer å anvende i sin biokullproduksjon (muntlig kommunikasjon, studietur 2.-3. september 2021).

Tilgjengelighet

Basert på utslippstillatelser og personlig kommunikasjon med Nortura Førde, samt andre referanser har vi regnet ut totale mengder råstoff, tørrstoffinnhold, karboninnhold fra slakteriene til SIMAS (Simonsen, 2021). Det antas en karbonfraksjon på 0,25 for strø under dyr og 0,11 for vominnhold og gjødsel, og **vi får totalt 156 tonn karbon tilgjengelig for biokullproduksjon fra de to slakteriene**, se tabell 5 nedenfor.

Tabell 5: *Utnyttbare slakterifraksjoner fra Nortura Førde og Nordfjord Kjøtt*

Avfallstype	Mengde pr år tonn (A)	Tørrstoff fraksjon TS (B)	Karbon fraksjon TS (C)	Karbon tonn per år (D=A*B*C)
Strø under dyr	2 721	0,2	0,25	136
Vom innhold, gjødsel	1 966	0,09	0,11	19
Sum	4 687			156

3.2.3. Trevirke fra veirydding

Egnethet og tilgjengelighet

Når veier vedlikeholdes, oppstår trevirke som avfall. Dette trevirket blir i dag kvernet eller fliset opp og blir liggende igjen i veikanter og grøfter. Noe veisalt og forurensning og partikler fra veitrafikk vil kunne følge med trevirket fra høytrafikkerte veistrekninger. I vår region, vil dette trevirket kunne regnes som rene trematerialer, med potensial som råvare til produksjon av biokull. Presis Vegdrift har per 2021 kontrakt for veivedlikeholdet i Indre Sogn og Indre Sunnfjord. Selskapet har deltatt på flere workshoper i prosjektet og bidratt med viktige grunnlagsdata til analysen vår. Figur 4 viser kontraktsområdet for Presis Vegdrift per i dag.



Figur 4: Kontraktområdet til Presis Vegdrift i Sogn og Indre Sunnfjord.

Tabell 6 viser tilgjengelig trevirke fra veirydding utført av Presis Vegdrift¹¹. Karbonfraksjonen er hentet fra IPCC (se fotnote 4). Ved beregning av karbonfraksjon antas at trevirke kommer fra gran og at det er helt tørt, med en densitet på 380 kg/m³. **Dette gir 2 693 tonn karbon per år fra veiryddingstrevirke.** Om vi antar 32,8 MJ per kg, får vi et teoretisk energipotensial på 24,5 GWh per år. Bruker vi en brennverdi på 5,32 kWh per kg tørt trevirke¹² får vi 26,9 GWh per år. Ved inneholder mer enn bare karbon, så det siste tallet er det mest realistiske anslaget på samlet energiinnhold per år fra trevirke fra veivedlikehold. En forutsetning vi har lagt til grunn når det gjelder utnyttelse av trevirke fra veirydding, er at treverket forbehandles (kuttet) ved veikanten og transporteres til SIMAS i rå tilstand.

Tabell 6: Mengde trevirke tilgjengelig fra veirydding fra Presis Vegdrift (per 5 år)

	Type	Enhet	Mengde
A	Veikant-vegetasjon	lm	1 110 661
B	Veikant-vegetasjon areal	m ²	4 72 4906
C	Veikant-vegetasjon areal	mål	4 725
D	Snitt kubikk	m ³ per mål	15
E=C*D	Sum trær og busker på kontrakt	m ³	70 874

¹¹ E-post fra Presis Vegdrift, mottatt 12. mars 2021

¹² Wikipedia, [ved](#): Brennverdien er 5,32 kWh per kg tørrstoff for helt tørt ved (0% fuktighet).

F	Densitet (for gran)	kg/m ³	380
G	Karbonfraksjon	kg/m ³	0,5
$H=(E*F*G)/1000$	Sum karbon på kontrakt	tonn	13 466
I	Kontraktlengde	år	5
$J=H/I$	Sum karbon pr år	tonn	2 693

3.2.4. Trevirke fra GROT etter skogsdrift

Egnethet og tilgjengelighet

GROT er greiner, kvister og røtter som er igjen etter skogsavvirking. Dette er en ressurs som ikke er utnyttet i dag, men er et rent råstoff som kan brukes i produksjon av biokull. Vi antar en GROT-fraksjon på 0,35 per m³ skog-avvirking. Dette tallet er hentet fra NVE rapport 17/2015 ¹³. Vi har funnet tall for skogavvirking i Sogn og regnet ut andel GROT, tonn TS og tonn C i trevirket (tabell 7). **Totalt får vi 9 657 m³ GROT fra skogavvirking i sognekommunene per år, som gir 2 133 tonn karbon fra denne avfallsfraksjonen.** Med 32,8 MJ per kg C, får vi et samlet energiinnhold på 70 TJ eller 19,4 GWh fra GROT som råvare. Bruker vi en brennverdi på 5,32 kWh per kg tørt trevirke som i kap. 3.2.3., får vi et samlet energiinnhold fra GROT på 22,7 GWh per år. Økt uttak av GROT krever transport av biomassen med traktor, hogstmaskiner eller taubane. Gjennom workshop I har vi fått innspill på at uttak av GROT er lettest når en kan transportere ut GROT med traktor på skogsveier. Å bruke taubane til uttak av GROT kan være vanskeligere og mer kostbart å få til. Siden det har vist seg lettere å finne data på uttak av GROT via taubanedrift til dette forprosjektet, er våre anslag likevel basert på skogsdrift med taubane. Det gjør ikke så store utslag i livsløpsanalysen om dieselbruken kommer fra taubane, skogsmaskin eller traktor i skogen.

Tabell 7: Potensiale for råstoff fra GROT per år

Kommune	Skog-avvirking m ³ (A)	GROT m ³ (B=A*0,35)	Tonn TS (C=0,442*B)	Karbon, tonn (D=0,5*C)
Høyanger	2 339	819	362	181
Vik	3 202	1 121	495	248
Sogndal	16 762	5 867	2 592	1 296
Aurland	80	28	12	6
Lærdal	608	213	94	47

¹³ Brekke, A., Timmermann, V., Dibdiakova, J., Sandberg, K.: [Analyse av klimagassutslipp fra utnyttelse av skog til energiformål](#). Litteraturgjennomgang og livsløpsvurderinger. NVE rapport 17/2015.

Luster	4 601	1 610	711	356
Sum	27 592	9 657	4 267	2 133

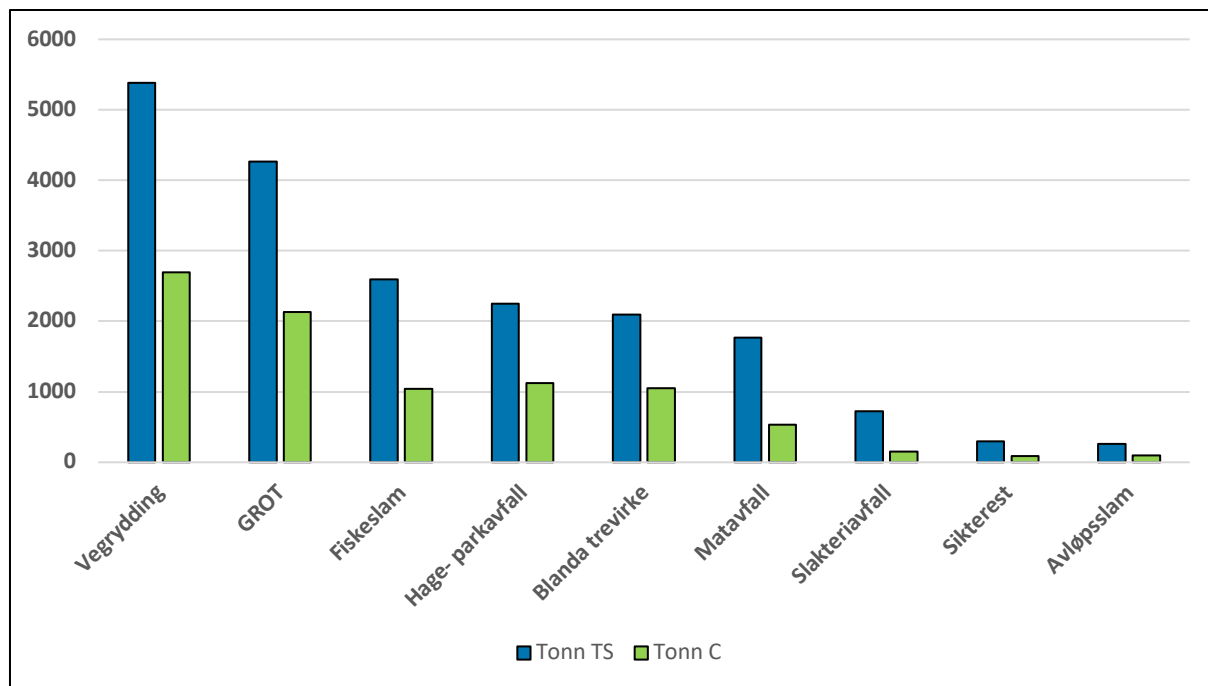
3.3. Totalt tilgjengelig karboninnhold fra bioavfall i regionen

SIMAS vil ha totalt 19 562 tonn TS eller 8 910 tonn C tilgjengelig for biokullproduksjon dersom alle råstoffene nevnt her i kapittel 3 blir samlet inn og blir utnyttet til dette formålet (tabell 8). Disse tallene brukes videre for å gjennomføre en forenklet livsløpsanalyse i kap. 4.

Tabell 8: Total mengde karbon tilgjengelig for biokull produksjon fra ulike råstoff i Sogn og i den utvidete regionen

Råstoff	Tonn TS	Tonn C
Veirydding	5 386	2 693
GROT	4 267	2 133
Fiskeslam	2 598	1 039
Slakteriavfall	721	156
Blanda trevirke	2 096	1 048
Avløpsslam	262	94
Sikterest	301	90
Hage- parkavfall	2 250	1 125
Matavfall	1 771	531
Sum	19 562	8 910

Om vi fremstiller tallene grafisk (se figur 5) er det lettere å se hvilke råstoff som har høyest innhold av C og finnes i størst mengder. Det råstoffet som har høyest tonn TS og tonn C er trevirke fra veirydding, fulgt av GROT. Råstoffene med lavest tørrstoffinnhold og lavest innhold av C er sikterest, avløpsslam og slakteriavfall.



Figur 5: Tilgjengelig råstoff rangert etter innhold av tonn TS (blå kolonne), og tonn karboninnhold (grønn kolonne).

4. Forenklet livsløpsvurdering av biokullproduksjon i Festingdalen

4.1. Introduksjon

Livsløpsvurdering (LCA) er en metodikk standardisert av ISO 14040 og ISO 14044, som kan benyttes til å beregne miljøbelastning over produkters ulike livsløpsfaser. Metoden har blitt brukt i over 30 år, og blir stadig mer benyttet til å utrede miljøbelastninger. Livsløpstankegangen som ligger til grunn har dessuten blitt innvevd i lovverk, særlig på EU-nivå (Sala et al. 2021). I dette kapittelet dokumenteres metode, antakelser og resultater fra en forenklet LCA-studie av biokull. Vi legger bare fram hovedtall og oppsummeringstabeller i dette kapittelet, og henviser til VF-notat 1/21 (Simonsen, 2021) for fullstendig dokumentasjon på livsløpsvurderingen som er gjennomført. Notatet vil ikke være offentlig tilgjengelig før resultatene har blitt publisert vitenskapelig.

4.1.1. Mål og omfang

Den forenklete livsløpsvurderingen av et scenario med biokullproduksjon på Kaupanger, analyserer energi og klimagassutslipp knyttet til innsamling og transport av råvarer til SIMAS' tenkte pyrolyseanlegg. I tillegg kommer energi og utslipp forbundet med tørking og produksjon av biokull. Analysen kalles «vugge til port med opsjoner» hvor systemgrensene omfatter innhenting av råstoff, via pyrolysefabrikk til leveringssted, inkludert installasjon (spredning/nedmolding av biokull). Resultatene vil presenteres *per 1 kg biokull produsert*, som dermed blir analysens funksjonelle enhet. For enkelhets skyld vil inventartabellene ikke være benevnt med funksjonell enhet. Biokull regnes i det følgende som ett generisk produkt, altså uten videre kvalitetsinndeling eller svinn i produksjonen. Tilsiktet bruksområde er jordforbedringsmiddel og klimatiltak i jordbruket, planteskoler, gartneri, grønt anlegg, tilsats i betong, asfalt eller brukt som jord-remediering/filtreringsmiddel for forurenset grunn.

I henhold til terminologien i standarden NS-EN 15804, omfatter systemgrensene livsløpsfasene A1-A5. Livsløpsfasen A1 inkluderer energibruk og utslipp knyttet til utvinning og bearbeiding av råstoff, A2 er transport av råstoff til produksjonsanlegg og A3 er selve produksjonsprosessen. Pyrolyse er en termisk prosess som innebærer oppvarming av biomasse >370 °C uten tilførsel av

eller med begrenset mengde oksygen (se kap. 2.3). A4 er transport av ferdig produkt (biokull) til bruker, mens A5 er installasjon (spredningen) av produktet. Livsløpsfasene i analysen er vist i figur 6.

A ₁		A ₂		A ₃		A ₄		A ₅
Råvarer	→	Transport av råvarer	→	Produksjon av biokull	→	Transport av biokull	→	Installasjon av biokull

Figur 6. Livsløpsfaser i analysen

4.2. Metode

4.2.1. Inventaranalyse

En LCA-studie bygges ofte opp på bakgrunn av utslippsdatabaser som Agri-Footprint eller Ecoinvent, hvor bakgrunnsprosesser fra disse databasene settes i system ved hjelp av LCA-programvare (f.eks. SimaPro, GaBi, Umberto og OpenLCA). Da biokull er en ny teknologi, er det imidlertid lite relevante data og prosesser som er tilgjengelig i slike databaser. I denne studien er det derfor gjort en mer grunnleggende, manuell tilnærming uten bruk av LCA-programvare, med begrenset bruk av databasetall. Det er innsamlet og beregnet relevante data på karbon- og energiinnhold i råvarer (Simonsen, 2021).

Som en relativt grov forenkling antas karbonet i råstoffene å enten danne CO₂ eller biokull. Utslipp av mulige øvrige drivhusgasser som metan eller lystgass vurderes å kunne ha relevans på resultater for klimaeffekt, men er som en forenkling ikke med i denne studien.

For noen prosesser, blant dem transport, benyttes inventardata fra Agri-Footprint, Ecoinvent, Probas eller publiserte LCA-studier for klimafotavtrykk eller energiinnhold/-forbruk.

4.2.2. Miljøeffektvurdering

To miljøeffektkategorier er valgt til studien:

- Karbonfotavtrykk
- Primærenergiforbruk

For karbonfotavtrykkvurderingen er IPCC AR5s faktorer lagt til grunn for karakterisering av databaseprosesser, mens det øvrige inventaret stort sett består av karbondioksid, som har en karakteriseringsfaktor på 1 kg CO₂-ekvivalenter per kg. I tillegg blir energibruk fra inventaranalysen karakterisert. Alt tap av karbon fra råvarene antas å danne CO₂, slik at metan og andre karbonholdige utslipp ikke blir tatt med i analysen.

Med energibruk forstås i denne analysen bruk av primærenergi. Det betyr at energi-innholdet i råvaren (f.eks. fra vann, sol eller olje) er inkludert i beregning av energibruk. Alternativet er kun å se på energibruk til omdanning av energikilder til energibærere, f.eks. omdanning av olje til diesel eller vann til elektrisitet. Tall som presenteres for utslipp fra elektrisitetsmix omfatter overføringslinjer, utslipp og tap i overføringsnett for elektrisitet. For energibruk har øvre brennverdi (higher heating value, HHV) tentativt blitt benyttet der dette har vært relevant, med noen forenklinger.

4.3. Beskrivelse av livsløpsfaser

Fullstendige innsatsfaktorer, antakelser, inventartabeller m.m. er dokumentert i Simonsen (2021). I det følgende vil bare det vesentligste i livsløpsfasene bli beskrevet.

4.3.1. Livsløpsfase A1 - Råvarer

Aktuelle råstoff til biokullproduksjon for SIMAS er gjennomgått i kap. 3. Siden alt råstoffet er avfall eller animalske biprodukter, beregnes det ikke energibruk og utslipp til utvinning av råstoffene. Overskuddsmaterialet antas dermed som et utgangspunkt å ha ingen økonomisk verdi. I tillegg vil avfallsråstoffet for produksjon av biokull antas å bli dannet enten de brukes til denne produksjonen eller ikke.

4.3.2. Livsløpsfase A2 - Transport av råvarer

Analyse av transport bygger på den samme tilnærming som er brukt av Walnum (2016) i analyse av transport av returtrevirke for SIMAS. Grunnlagsdata er hentet fra et prosjekt Vestlandsforskning gjennomførte sammen med Lerum Frakt i 2010-12, og modellen er dokumentert i en fagfellevurdert artikkel (Walnum og Simonsen 2015). Med disse forutsetningene gir modellen et estimat for forbruk per 10 km på 0,43 liter drivstoff per km.

Det antas at lastebilene kjører tomme for å hente råvarer til et hypotetisk biokull-anlegg i næringsparken på Kaupanger. Vi får da en utnyttelsesgrad på 50 % inklusive tom last på tur til oppsamlingsplass for råvaren til biokull. For kjøring med tom last antas 0,39 liter per mil.

Videre blir energimengden i liter regnet om til MJ ved å anta 36 MJ/liter hentet fra Forest Research, et forskningsinstitutt i Storbritannia (Forest Research 2021). Fra samme sted ble utslippsfaktor på 87 gram CO₂-ekvivalenter per MJ hentet. Denne faktoren inkluderer utslipp oppstrøms for å produsere diesel på raffineri. Utslipp fra framdrift av lastebilen per km kalles Tank-to-Wheel. Utslipp for å lage diesel som brukes til framdrift per km kalles Well-to-Tank. Faktoren vi bruker er altså summen av de to som vi kaller Well-to-Wheel, den omfatter både framdrift og produksjon av diesel for denne framdriften.

Vi får da 1 339 gram kg CO₂-ekvivalenter per km for kjøring med last og 1 234 gram per km for tomkjøring. Med 30 tonn last per tur gir dette til sammen 0,027 liter diesel per tonn-km og 85,8 gram CO₂-ekvivalenter per tonn-km. Vi antar da at hver andre km foregår uten last.

4.3.3. Livsløpsfase A3 Produksjon av biokull

I pyrolyseprosessen er det antatt fullstendig forbrenning av karbon til CO₂ og en energivirkningsgrad på 70 %. For å gjøre bruk av restvarme fra pyrolyseanlegget, er den antatt plassert i næringsparken på Kaupanger. Restvarme er imidlertid ikke inkludert i denne analysen.

4.3.4. Livsløpsfase A4 og A5 Transport av biokull til installasjon og installering

Vi antar at biokullet fra produksjonsanlegget på Kaupanger blir distribuert direkte fra anlegget til forbruker, gårdbruker, skogbruker, private huseiere m.m. slik som komposten SIMAS produserer blir utlevert i dag. Dette vil medføre transport av biokull til den gården eller det arealet der det skal brukes. I tillegg kommer energibruk for spredningen av biokullet på et tenkt areal.

4.3.5. Miljøbelastninger utenfor systemgrensene

Eventuell energibruk eller klimagassutslipp etter installasjon, det vil si i bruks- og avhendingsfase, f.eks. nedbrytning over tid av biokull til CO₂ og andre produkter - defineres som utenfor fase A5, og er dermed ikke med i analysen.

Ved bruk av biokull kan man anta at man sparer utslipp knyttet til bruk av et alternativt produkt med samme funksjon. Denne substitusjonseffekten er ikke med i analysen. Det er imidlertid tatt

med en analyse av sparte utslipp ved alternativ behandling av avfall (avhending til Linköping i Sverige).

4.4. Modellering av råvarer

De grunnleggende beregningene er generelt utført i henhold til følgende tilnærming:

- Bestem mengde biomasse som er tilgjengelig, f.eks. som fiskeslam, slakteriavfall eller trevirke (se kap. 3)
- Finn mengde tørrstoff (TS) i tilgjengelig biomasse (se kap.3)
- Finn mengden karbon i tørrstoffet (se kap 3)
- Beregn energimengde per kg tørrstoff ved å bruke et energi-innhold på 32,8 MJ per kg som er øvre brennverdi for karbon (Simonsen 2021).
- Beregn utslipp per MJ fra forbrenning av 1 kg tørrstoff ved å anta $44/12=3.66$ kg CO₂ per kg C forbrent for å få en gitt energimengde per tørrstoff. (44 er atomvekten til CO₂ mens 12 er atomvekten til karbon) (Simonsen, 2021). Dette utslippet tilskrives forbrenning av karbon i pyrolyseprosessen som tilsvarer energimengden som brukes.

Dette gir følgende generelle likninger:

$$\text{kg C} = \text{kg}_{\text{biomasse}} * \text{TS}_{\text{biomasse-fraksjon}} * \text{C}_{\text{tørrstoff-fraksjon}}$$

$$\text{MJ}_{\text{kg-TS}} = \text{kg C} * 32,8 \text{ MJ/kg}$$

$$\text{CO}_{2\text{kg-TS}} = \text{kg C} * (44/12)$$

$$\text{CO}_{2\text{kg-MJ}} = \text{CO}_{2\text{kg-TS}} / \text{MJ}_{\text{kg-TS}}$$

Der hvor det finnes energibruksfaktorer og utslippsfaktorer for en prosess har disse blitt brukt. Dette gjelder særlig for transport hvor slike faktorer er tilgjengelige fra LCA-databaser som ProBas eller Ecoinvent. Der hvor slike faktorer ikke er tilgjengelig har vi innhentet grunnlagstall selv og/eller brukt generelle tilnærminger.

Noen prosesser finnes det lite data for. Det gjelder særlig energibruk for tørking av biomasse for å nå en bestemt mengde tørrstoff. Simonsen (2021), har brukt en egen algoritme for tørking som vil bli brukt for de forskjellige biomasser. Algoritmen er basert på opplysninger fra m.a. Sterner AS¹⁴. Det er videre som en forenkling, ikke innregnet massesvinn over livsløpet.

¹⁴ E-post fra Arne Hjalmar Knap, Sterner as, 14 september 2021.

4.5. Resultater

4.5.1. Input råvarer – oppsummering av beregninger i A1-A2

Basert på framgangsmåten skissert over, som er utførlig dokumentert i VF-notat 1/21, viser vi her en oppsummering av beregningene gjort for A1-A2 for alle råvarene som er aktuelle for SIMAS (tabell 9). Tabellen viser tørrstoff, karboninnhold, maksimalt forventet energiutbytte og energi som må brukes til tørking av råstoffet før pyrolysen.

Tabell 9. Råvarer til produksjon av biokull SIMAS

	Tonn TS (A)	Tonn C (B)	% C (C)	TJ# (D)	MJ/kg C tørking (E)	GWh tørking\$ (F)
Veirydding	5 386	2 693	30,2	88	5,8	4,3
GROT	4 267	2 133	23,9	70	4,3	2,5
Fiskeslam	2 598	1 039	11,7	34	19,3	5,6
Slakteriavfall	721	156	1,7	5	25,1	1,1
Blanda trevirke	2 096	1 048	11,8	34	0,7	0,2
Avløpsslam	262	94	1,1	3	29,2	0,8
Sikterest	301	90	1,0	3	3,7	0,1
Hage- parkavfall	2 250	1 125	12,6	37	1,3	0,4
Matavfall	1 771	531	6,0	17	8,7	1,3
Sum	19 652	8 910	100	292		16

#Tilsvare 32,8 MJ/kg C*kolonne B*0,001 \$Tilsvare Kolonne E*Kolonne B/3,6*0,001

Slakteriavfall består av to fraksjoner, strø under dyr og vominnhold med gjødsel. Maksimalt energiutbytte fra alt råstoffet til sammen er på 292 TJ, som tilsvare 81,2 GWh. Av dette brukes 16 GWh til tørking, slik at netto energiutbytte kan ligge på 65,2 GWh for alt råstoffet.

4.5.2. Hvor mye biokull kan produseres fra denne råstoffmengden?

For å avgjøre hvor mye biokull som kan produseres tar vi utgangspunkt i O'Toole (2019) og Tabell 10.2. Ifølge tabellen vil 30 % av tørr biomasse som blir pyrolysert overføres til biokull. Vi antar at de resterende 70 % forbrennes i prosessen eller går tapt som varme. Fraksjonen som kan overføres til biokull vil variere med pyrolyseteknologien som velges. Vi antar her at prosessen til SIMAS sitt anlegg vil organiseres slik som hos OBIO i dag, med en antatt temperatur på over 400 °C med minimal tilførsel av oksygen og langsom pyrolyse. Det siste innebærer at partiklene som

settes inn i produksjonen ikke er spesielt små, for å optimalisere produksjon av bio-olje¹⁵. Dette har betydning for energibruk til kverning av biomasse før pyrolyse. Vi bruker følgende formel for beregning av mulig produksjon biokull fra tilgjengelig biomasse:

$$Biokull_{kg} = \frac{Biokull_{kg}}{Biomasse - TS_{kg}} * Biomasse - TS_{kg}$$

Første leddet i likningen settes til 0,3 basert på Tabell 10.2 hos O'Toole. Andre ledd hentes fra Tabell 9. Vi får da at $0,3 * 19\,652 = 5\,896$ tonn biokull. Resten av den tørre biomassen forbrennes i prosessen.

Klimaeffekten av biokull avhenger blant annet av hvor mye karbon det produserte biokullet inneholder. Tabell 10 nedenfor, viser mengde karbon i biokull per råvare (biologiske avfallsfraksjoner) som årlig kan settes inn i produksjonen ved SIMAS sitt tenkte biokullanlegg på Kaupanger.

Tabell 10 Karbonlagring i biokull per råvare

Råstoff	Tonn TS (A)	Tonn C (B)	Fraksjon C i biokull ¹⁶ (D)	Tonn biokull (E)	Tonn C i biokull (F=A*β*D) [§]	Fraksjon C i biokull av C i biomasse G=F/B
Veirydding	5 386	2 693	0,746	1 616	1 205	0,45
GROT	4 267	2 133	0,746	1 280	955	0,45
Fiskeslam	2 598	1 039	0,238	779	185	0,18
Slakteriavfall #	721	156	0,485	216	105	0,67
Blanda trevirke	2 096	1 048	0,746	629	469	0,45
Avløpsslam	262	94	0,238	79	19	0,20
Sikterest	301	90	0,238	90	21	0,24
Hage-parkavfall	2 250	1 125	0,746	675	503	0,45
Matavfall	1 771	531	0,444	531	236	0,44
Sum	19 652	8 910		5 896	3 698	

Strø under dyr og vominnhold gjødsel β=0,3¹⁷.

¹⁵ E-post A. O'Toole, 22.oktober 2021

¹⁶ Ippolito, J., Spokas, K.A., Novak, J.M., Lentz, R.D., Cantrell, K.B., 2015. [Biochar elemental composition and factors influencing nutrient retention](#), in: Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation. s. 139-163.

¹⁷ O'Toole, Bruk av biokull, Tabell 10.2 i Rasse et al.: Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord, [NIBIO-rapport 36/2019](#).

Vi anslår total årlig produksjon av biokull til å bli 5 896 tonn. Tabell 10 viser at av dette anslår vi 3 698 tonn til å være karbon, en andel på 63 % når vi ser alle råvarer under ett. Tabellen viser at andel karbon i råvaren som overføres til biokull varierer mye. Trevirke har gjennomgående høyere andel C enn slam. For slakteriavfall viser tabellen at en høy andel karbon videreføres i biokullet. Det skyldes at karbon-andelen av rå-massen er liten, samtidig som biokull basert på storfe-gjødsel inneholder nesten 50 % karbon. I analysen av slakteriavfall satte vi karbon-innholdet i storfe-gjødsel til 0,25. Dette påvirker likevel ikke mengde biokull som kan produseres fra slakteriavfall.

Av totalt 8 910 tonn C i biomassen antar vi at 3 698 tonn blir overført til biokullet og at resten (5 210 tonn C) forbrennes i pyrolyse-prosessen. Det gir et teoretisk energipotensial på 47.5 GWh om vi regner 32,8 MJ/kg karbon. Energiutbyttet per kg vil variere med trykk og temperatur og må derfor ansees som et teoretisk potensial og ikke et faktisk utbytte.

4.5.3. Biokullproduksjon

Det har vist seg vanskelig å finne eksakte tall for selve produksjonsprosessen for biokull i livsløpsfase A3. En av grunnene er at det ikke foreligger estimat for biokullproduksjon i online LCA-databaser som Ecoinvent og ProBas. Det har også vært vanskelig å få gode erfaringstall fra produsenter.

Vi har derfor gjort en estimert beregning av energibruk og CO₂-utslipp for biokull produksjon, i Simonsen (2021) basert på: delt informasjon fra Oplandske Bioenergi (OBIO) under studieturen 2.-3. september 2021, teknisk ytelses- og driftsinformasjon om Biomac-C500-I pyrolyseovn ¹⁸ og diverse referanser om varmeproduksjon, tørking og publiserte og upubliserte data fra forskere i prosjektgruppen.

Vi legger til grunn en teoretisk energibalanse der 40 % av produsert energi fra råstoffet brukes til drift av prosessen (tørking), 30 % overføres til biokullet og 30 % er overskuddsvarme. Vi finner da at en karbonmengde på 8 910 tonn som input til biokullproduksjon gir 81,2 GWh varmeproduksjon. Videre vil ca. 57 GWh forbrukes til drift av prosessen. Vi anslår 16 GWh til tørking av råvarer. Dette er et teoretisk anslag, den faktiske energibruken til tørking avhenger av hvor effektiv pyrolyseprosessen er. Biokullproduksjon i pyrolyseovn tilsvarende Biomacon-C500-I vil dermed ha en anslått overskuddsvarme på 24,2 GWh. Til sammenligning tilsvarer dette energiproduksjonen til et gjennomsnittlig småkraftverk.

¹⁸ [Biomacon C500-i](#), Pyrolyse Heizkessel.

4.5.4. Resultater og diskusjon per funksjonell enhet

I dette kapittelet beregner vi energibruk og utslipp for utvinning og behandling av råvare (A1), transport til produksjonssted (A2) og energi og utslipp for produksjonsprosessen (A3) for alle råvarer. Energibruk og utslipp blir normalisert i forhold til den funksjonelle enhet som er 1 kg biokull. Tabell 11 viser total mengde prosess-energi og utslipp fra utvinning og behandling av råvarer for prosessene A1-A3. Tallene er summert per råvare. Tallene for primærenergi framkommer ved å legge energi-potensiale til råstoffene fra Tabell 9 til prosess-energi. CO₂-ekvivalenter for tørking har vi skilt ut siden dette utslippet kommer fra forbrenning av biologisk karbon i pyrolyseprosessen. Disse utslippene stammer fra det naturlige karbonkretsløpet og blir tatt opp igjen av biomassenes fotosyntese. Utslippene regnes derfor som netto null for biologisk karbon.

Tabell 11 Energibruk og utslipp A1-A3 totalt for alle råstoff

	TS	Karbon	Biokull	Prosess-energi	Primær-energi	CO ₂ -ekv. totalt for råvare (A)	CO ₂ -ekv fra tørking råvare (B)	CO ₂ -ekv fra innsamling og transport råvare (C=A-B)
Råvare	Tonn	Tonn	Tonn	TJ	TJ	Tonn	Tonn	Tonn
Veirydding	5 386	2 693	1 616	16,3	104,6	1 802	1 740	62
GROT	4 267	2 133	1 280	10,3	80,3	1 120	1 020	100
Fiskeslam	2 598	1 039	779	38,5	72,6	364	174	190
Slakteriavfall	721	156	216	6,1	11,2	662	608	53
Blanda trevirke	2 096	1 048	629	0,7	35,1	84	84	0
Avløpsslam	262	94	79	2,7	5,8	307	307	0
Sikterest	301	90	90	0,34	3,3	38	38	0
Hageavfall	2 250	1 125	675	1,47	38,4	164	164	0
Matavfall	1 771	531	531	4,63	22,1	518	518	0
Sum	19 652	8 910	5 896	81,0	373,2	5 057	4 478	579

Vi har også normalisert energibruk og utslipp av klimagasser per funksjonell enhet, som her er 1 kg biokull (tabell 12). Ulike råstoff har fra naturens side forskjellig innhold av karbon, Karboninnholdet per vektenhet tørrstoff vil derfor variere, i likhet med at fukttinnholdet til ulike

råstoff også er forskjellig, noe som vil kreve ulik grad av tørking ned til tørt råstoff. Vi antar at fiskeslam tørkes før transport for å redusere volum og transportbehov.

Tabell 12: Energibruk og utslipp A1-A3 summert per råvare og normalisert per funksjonell enhet som er 1 kg biokull

	Prosess- energi	Primær- energi	CO₂-ekv.	CO₂-ekv. tørking
Råvare	MJ/kg biokull	MJ/kg biokull	kg/kg biokull	kg/kg biokull
Veirydding	10,1	64,7	1,11	1,08
GROT	8,0	62,7	0,87	0,80
Fiskeslam	49,4	93,1	0,47	0,22
Slakteriavfall	28,0	51,6	3,06	2,81
Blanda trevirke	1,2	55,9	0,13	0,13
Avløpsslam	34,9	74,0	3,90	3,90
Sikterest	3,7	36,5	0,42	0,42
Hage- parkavfall	2,2	56,8	0,24	0,24
Matavfall	8,7	41,5	0,97	0,97
Sum[#]	13,7	63,3	0,86	0,79

[#]Veid sum hvor hver råvare er veid med sin andel av produksjon biokull

Vi finner at utslipp for produksjon av 1 kg biokull fra slakteriavfall kommer høyere ut enn andre råvarer fordi veid tørrstoff-andel er mindre (0,17) og fordi karbon-innhold per vektenhet tørrstoff er mindre (0,22) enn for andre råvarer, siden dette er en veid sum av avfallstypene "Strø under dyr" og "Vominnhold + gjødsel" hvor hver type er veid med sin andel av tørrvekten for sum avfall. Denne avfallsfraksjonen krever mer tørking. Avløpsslam har også lav tørrstoffandel (0,2) men høyere karbonandel (0,36) enn slakteriavfall. Avvannet fiskeslam har høyere tørrstoff-andel (0,25) og en høyere karbonandel (0,4) enn avløpsslam og slakteriavfall. For fiskeslam må vi i tillegg beregne utslipp for tørking av fiskeslam ved bruk av elektrisitet og ikke fra forbrenning av biologisk karbon fra råstoff. Vi har beregnet 0,009 kg CO₂-ekvivalenter per MJ for elektrisitet levert på norsk strømmnett til tørking og 0,11 kg CO₂-ekvivalenter per MJ ved forbrenning av karbon til tørking. Her må det understrekes igjen at utslippene ved forbrenning av karbon fra

biomasse er en del av det naturlige karbonkretsløpet i motsetning til utslipp fra bruk av elektrisitet, som ikke er helt 100 % fornybar energi¹⁹.

4.5.5. Utslipp for transport og spredning av biokull

I en amerikansk studie (Pereira et al. 2016) opplyses det at produsert biokull (biochar) ble spredt med traktor. Det ble produsert 18 tonn biokull per hektar. Traktoren brukte 222 liter diesel per hektar for spredning. Vi bruker 36 MJ per liter diesel og 87 gram CO₂-ekvivalenter per MJ inklusive utslipp for produksjon av diesel²⁰. Dette gir oss 38,3 kg CO₂-ekvivalenter for spredning av ett tonn biokull. Med samlet biokull-produksjon på 5 896 tonn biokull får vi et samlet utslipp på **226 tonn** for spredning av produsert biokull.

I tillegg kommer transport til stedet der biokullet skal brukes og lagres. Disse stedene er ukjente og vil være mange ulike steder, der kundene eller brukerne befinner seg. Vi bruker her en helt hypotetisk distanse på 100 km som en gjennomsnittlig distanse for alle steder rundt anlegget på Kaupanger hvor biokull kan brukes i jord. Med 85,8 gram CO₂-ekvivalenter per tonn-km og 5 896*100= 589 600 tonn-km får vi da et utslipp på ca. 51 tonn CO₂-ekvivalenter for transport av alt biokullet ut til kunder. Til sammen gir dette 276 tonn CO₂-ekvivalenter for transport og spredning av 5 896 tonn biokull.

4.5.6. Utslippsregnskap

Fullstendig utslippsregnskap for produksjon av **5 896 tonn biokull** fra *alle* de tilgjengelige råstoffene (19 652 tonn TS) gjennom livløpsfasene A1-A5, er oppsummert i tabell 13. Vi finner at SIMAS ved pyrolyse av alt årlig tilgjengelig bioavfall kan fange klimagasser tilsvarende **9 157 tonn CO₂-ekvivalenter per år** (rad H, tabell 13). En viktig forutsetning for denne karbonfangsten, er at biokullet lagres i jord/skogbunn eller i andre langlivede produkter og ikke forbrennes videre. I disse tallene er også fraksjonene «blandet trevirke» og «sikterest fra kompostering» tatt med i produksjonen av biokull. Det betyr at SIMAS også vil unngå transport av dette avfallet til Sverige, samtidig som vi vil «miste» bioenergi i Sverige, som må kompenseres med svensk elektrisitmiks. En lokal utnyttelse av dette avfallet til biokull, vil da gi en ekstra årlig besparelse på **549,7 tonn CO₂-ekvivalenter**²¹. Totalt vil biokullproduksjon av 5 896 tonn biokull fra alle avfallsfraksjonene i dette studiet da tilsvare netto **9 707 tonn CO₂ ekvivalenter** (rad O i tabell 13).

¹⁹ Tall for utslipp ved bruk av norsk elektrisitet er hentet fra Moelven: [EPD - Skurlast](#): "Norsk markedsmiks med import på lavspenning, inkludert produksjon av overføringslinjer og nettap".

²⁰ Forest Research, [Carbon Emissions of Different Fuels](#)

²¹ transport til Linköping og erstatning av svensk fjernvarme-miks (rad N = I + L i tabell 13).

Tabell 13. Utslippsregnskap for produksjon av biokull

		Verdi	Enhet	Merknad
A	Sum biokull	5 896	tonn	
B	- herav C lagret etter 100 år	2 728	tonn	Hentet fra Tabell 14.
C	Utslippsfaktor	3,67	kg CO ₂ /kg C	
D=C*B	Total karbonlagring per år	10 012	tonn CO ₂	Stabilt lagret i biokull pr. år og dermed unngått direkte forråtning av råvarer
E	-Utslipp for innsamling, transport	579	tonn CO ₂ -ekv	Transport til SIMAS §
F	-Utslipp for transport og spredning	276	tonn CO ₂ -ekv	Transport fra SIMAS
G	-Utslipp for tørking	4 478 ^{&}	tonn CO ₂ -ekv	Settes til null, pga. klimanøytrale utslipp ^{&}
H=D-E-F	Sparte utslipp netto [#]	9 157	tonn CO ₂ -ekv	Ved lagring av råvare som biokull
Alternativ utnyttelse returtrevirke + sikterest				
I	Utslipp transport Linköping	154,9	tonn CO ₂ -ekv.	Fra SIMAS til Linköping
	Transportert mengde	2 812,2	Tonn	Transport råvekt (ikke TS)
	-transportert mengde C	1 138,5	Tonn	
J	Energipotensial Feil! Fant ikke referanse kilden.	8,2	GWh	Utnyttelsesgrad=0.87, virkningsgrad=0.99 ²²
K	-svensk elektrisitet smiks	0,048	kg/kWh	EPD Moelven ²³
L=J*K*1000	- utslipp strømproduksjon Linköping	394,8	tonn CO ₂ -ekv	
M	Tonn C i biokull	490		Tabell 10, blanda trevirke/sikterest
N=I+L	Sparte utslipp totalt, Sverige	549,7	tonn CO ₂ -ekv	Ved lokal utnyttelse
O=H+I+L	Sparte utslipp totalt SIMAS	9 707	tonn CO ₂ -ekv	Fra lagring av C i biokull + bortfall av transport til Sverige

[#] Utslipp til tørking regnes som klimanøytrale og er inkludert i netto lagring [§] Medregnet tørking fiskeslam [&] Eksklusive fiskeslam

Når vi sammenstiller resultatene våre og sammenligner utnyttbar fraksjon av biomasse vs. utslipp av CO₂-ekvivalenter per kg biokull, er det enklere å se hvilke råstoff som kommer gunstig ut. Vi viser dette i figur 7 nedenfor. Figuren viser at utslipp av klimagasser er størst for biomasse med lavest utnyttbar fraksjon (1kg*TS-andel*C-fraksjon). Fiskeslam har lave CO₂-utslipp fordi tørking foregår med strøm og ikke forbrenning av karbon. Men, som nevnt, disse utslippene regnes ikke som klimanøytrale. Slakteriavfall krever mer transport og mer tørking på grunn av lavere tørrstoff-innhold. Siden karboninnholdet også er lavere, blir utslippene veldig store per produsert kg biokull. Hage- og parkavfall og blanda trevirke har høy utnyttbar fraksjon, men lite utslipp per kg biokull. Her er det viktig å understreke at vi har satt utslippene til innsamling og transport av

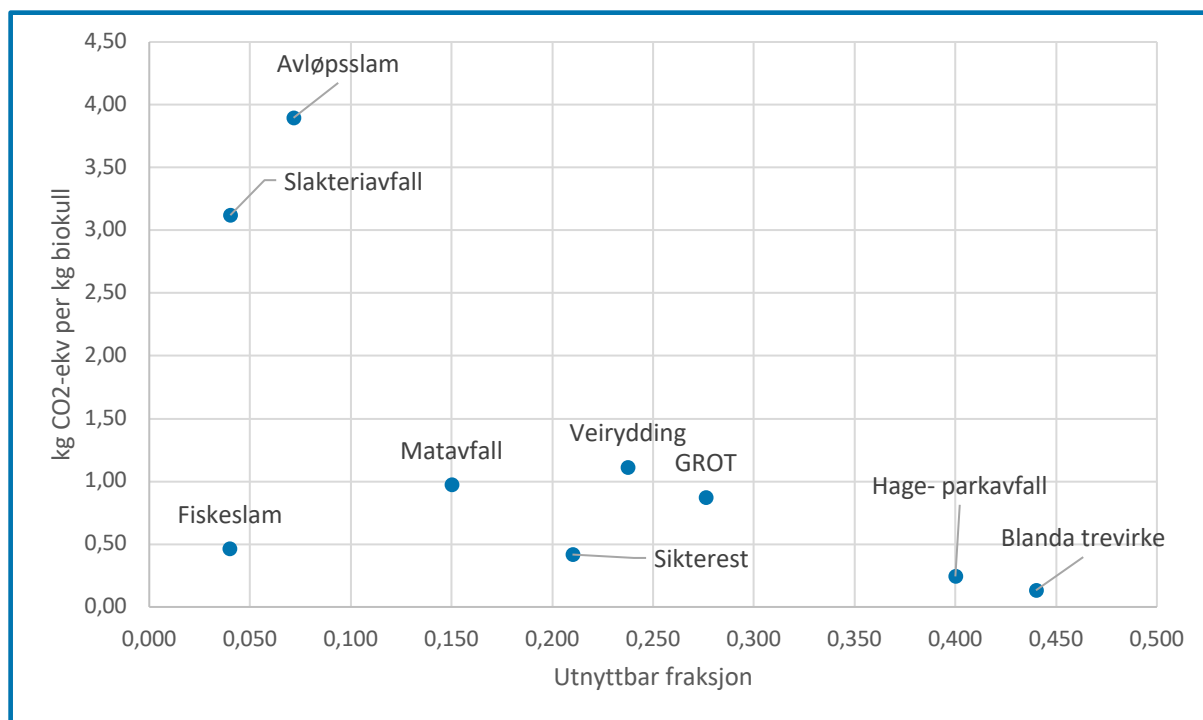
²² Arnøy, S, Modahl, I.S., Lyng- K-A: [Klimaregnskap for Fjellregionen Interkommunale Avfallsselskap i 2010](#), Østfoldforskning OR.15.13

²³ [Moelven - EPD Skurlast](#)

hage/parkavfall og blanda trevirke til null i vår analyse. Vi har forenklet dette leddet, fordi dette er avfall som SIMAS allerede samler inn gjennom innsamlingsordninger og vi forutsetter derfor at dette avfallet allerede er ved anlegget. Dette vil imidlertid undervurdere utslippene noe. Når vi samler inn utslippstall fra transport av alle innsamlingsruter SIMAS kjører i regionen, kan vi klare å justere disse tallene.

I tillegg til hageavfall og blanda trevirke, så er det trevirke fra veirydding og GROT som kommer godt ut med relativt små utslipp per kg biokull produsert og en middels utnyttbar fraksjon. Sikterest fra kompostering er også i denne gruppen, men har lavere CO₂ utslipp per kg biokull siden transportbidraget her er satt til null (sikteresten oppstår på anlegget).

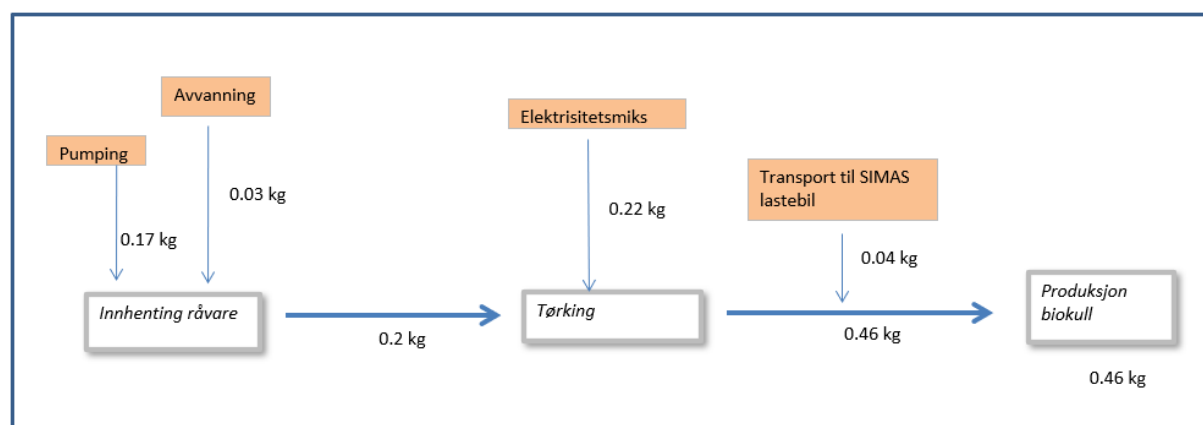
Det understrekes at resultatene fra livsløpsvurderingen er basert på en analyse der det er gjort en del forenklerende antakelser grunnet mangler på gode og spesifikke data i litteraturen eller data Inventory som benyttes til LCA-analyser. I et hovedprosjekt vil det arbeides videre med metodikken og analysen, der vi kan gå enda grundigere til verks med livsløpsvurderinger, der bl.a. metan- og lystgassutslipp over livsløpet samt eventuelt materialsvinn, mer inngående modellering av pyrolyseovnen, scenarier for utslipp fra biokullet etter installasjon (jfr. kap. 5), og en mer finkornet analyse av transporten over livsløpet vil bli inkludert. Resultatene knyttet til klimagassutslipp og energi fra dette forprosjektet, må anses som foreløpige og som et teoretisk potensial, og ikke som absolutte sannheter med to streker under før grunnlagstall, utregninger og metode er gjennomgått og fagfellevurdert. Vi vil publisere data og metoden vi har brukt, og dokumentert i VF-notat 1/21. Dette notatet blir derfor ikke offentliggjort før publikasjonen er trykt i et vitenskapelig tidsskrift.



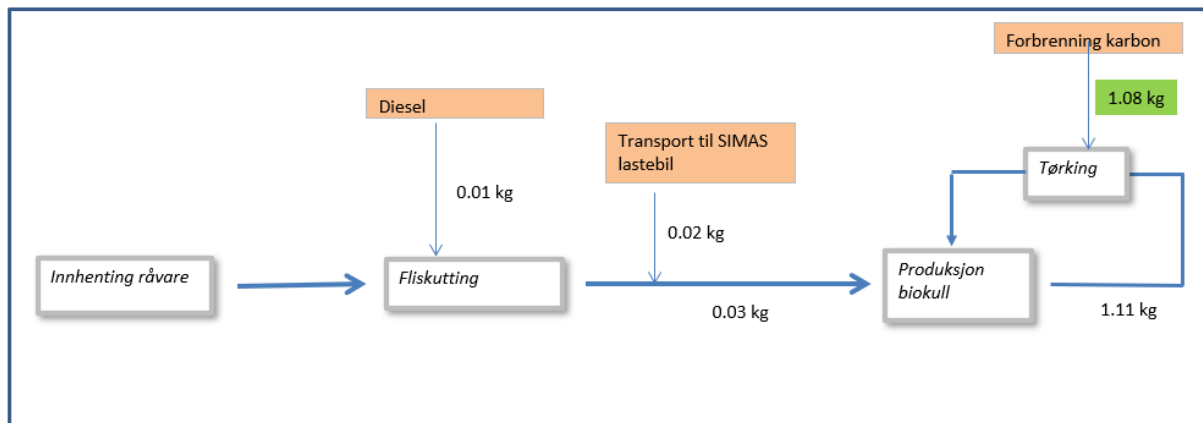
Figur 7. Utnyttbar fraksjon av biomasse vs. utslipp CO₂-ekvivalenter per kg biokull

4.5.7. Flytskjema for utslipp av CO₂-ekvivalenter per kg biokull fra ulike råvarer

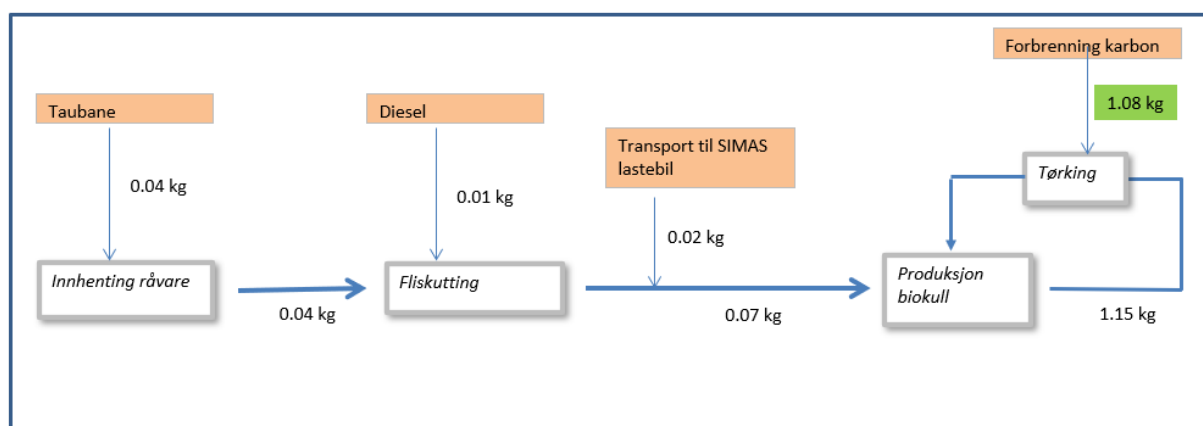
I figurene 8-11 nedenfor viser vi flytskjema for utslipp av kg CO₂-ekvivalenter per kg biokull for råvarene fiskeslam, trevirke fra veirydding, GROT og slakteriavfall. For alle de andre råvarene er det kun utslipp fra tørking av råstoffene som er tatt med i analysen.



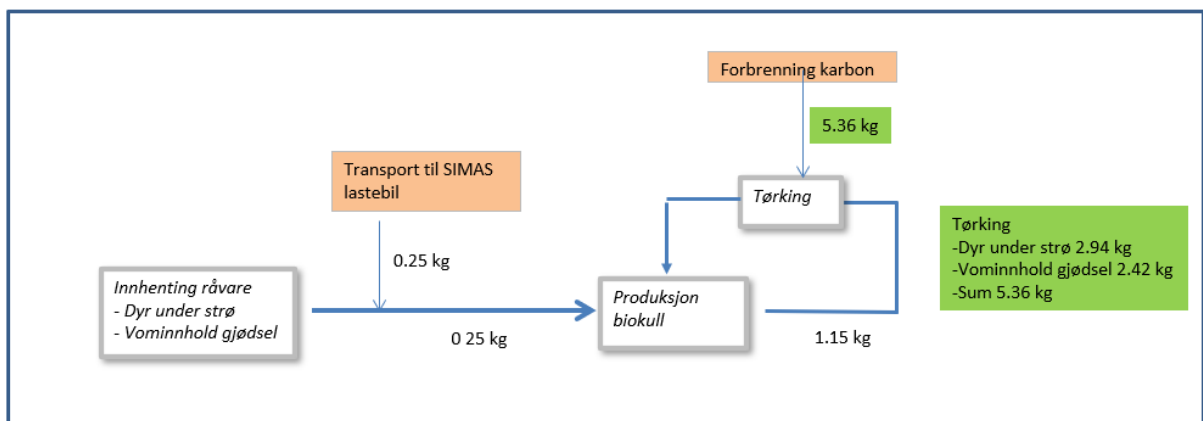
Figur 8. Flytskjema for utslipp CO₂-ekvivalenter per kg biokull fra fiskeslam



Figur 9. Flytskjema for utslipp CO₂-ekvivalenter per kg biokull fra veirydding



Figur 10. Flytskjema for utslipp CO₂-ekvivalenter per kg biokull fra GROT



Figur 11. Flytskjema for utslipp CO₂-ekvivalenter per kg biokull fra slakteriavfall

5. Karbonbindingspotensial for biokull produsert hos SIMAS

5.1. Hvor stabilt er biokull som klimatiltak?

Karbonbindingspotensialet eller den langvarige klimaeffekten av biokull avhenger av flere ting. Som vi nevner i kapittel 4.5.2., vil klimaeffekten f.eks. avhenge av hvor høyt karboninnhold det produserte biokullet inneholder. Men, klimaeffekten avhenger også av hvor stabilt eller motstandsdyktig biokullet er mot nedbryting i naturen. Ut fra historisk bevis og vitenskapelige forsøk, er det kjent at en stor andel av biokull ligger stabilt igjen i jorda etter lang tid, faktisk langt over hundre år. Forskere bruker nedbrytningsmodeller for å ekstrapolere nedbrytningshastighet ut over den tiden som er målt i laboratoriebaserte nedbrytningsforsøk. De fleste nedbrytningsforsøk viser at nedbrytingen av biokull-karbon følger en eksponentiell nedbrytningskurve. Det vil si at man det første årets ser relativt høy nedbrytning av karbonet, og deretter flater nedbrytingen ut til et veldig lavt nivå. Det er fordi det stort sett finnes to karbonfraksjoner i ferskt biokull:

- en biotilgjengelig C-fraksjon
- en tungt fordøyelig C-fraksjon.

Det er den andre fraksjonen, bestående av aromatisk bundet karbon, som er hovedkomponenten i biokull og som bidrar til langtidslagringseffekten av karbon i biokull.

I en nylig publisert artikkel, Woolf et al. 2021, tar de i bruk data fra mer enn ti nedbrytningsforsøk (91 individuelle observasjoner). Disse observasjonene består av ulike råstoff pyrolysert ved ulike temperaturer og inkubert på en bestemt jordtemperatur og fuktighet. Woolf et al. 2021 bruker ytterlige informasjon om pyrolyse temperatur og biokullets H/C_{org} -ratio for å kjøre en regresjonsmodell og forutsi hvor mye biokull karbon som er igjen etter 100 år. Vi har byttet ut jordtemperaturen i deres modell og erstattet den med en jordtemperatur på 8 grader som er gjennomsnittstemperaturen i jorden ved Njøs værstasjon på Leikanger (samme kommune som SIMAS). Ut fra regresjonsberegninger kommer vi fram til at man kan binde 3 698 tonn C i biokull årlig, der 2 728 tonn karbon vil være tungt nedbrytbart og vil være stabilt i jorden over 100 år etter tilførsel (Tabell 14). **Dette tilsvarer ca. 10 000 tonn CO₂-ekvivalenter per år** (med en omregningsfaktor på 3,67 for C til CO₂), om alt bioavfallet utnyttes til biokullproduksjon. Går

SIMAS f.eks. bare inn for å utnytte de nye fraksjonene veiryddeavfall og GROT i regionen til biokull produksjon, vil de samme tallene for tilført C til jord være 2 160 tonn per år eller 7 906 tonn CO₂ ekvivalenter per år. Av dette vil 1 685 tonn C per år eller 6 167 tonn CO₂ ekvivalenter per år være stabilt i jorden over 100 år etter tilførsel. Dette baserer seg på estimatet om at 78 % av trebaserte råstoff vil være stabilt over 100 år, ifølge Woolf mfl. (2021). Siden det ikke er kjent gjennom studier hvor stabilt karbonet vil være i biokull produsert av slamliggende råstoff, har vi skjønnsmessig redusert stabiliteten til 50 % for sikterest, avløpslam, matavfall, fiskeslam, og slakteriavfall.

Tabell 14. Mengde biokull produsert fra ulike råstoff tilgjengelig for SIMAS per år, relatert til karbonbinding og karbonstabilitet i biokullet (her er ikke utslipp fra produksjonen av biokull medregnet).*

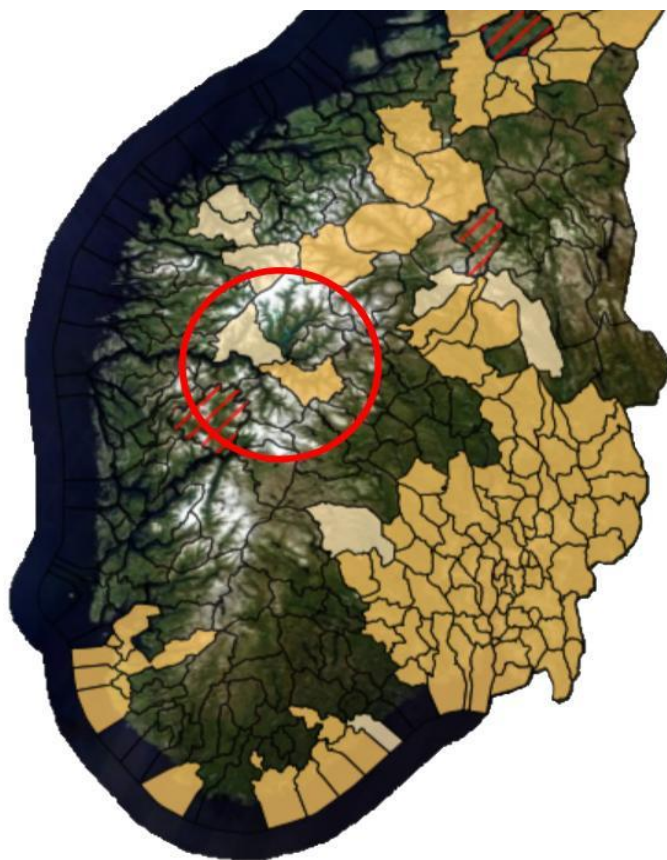
Total mengde karbon tilgjengelig for biokull	Tonn Råstoff (TS)	Tonn biokull produsert	Tonn C i biokull tilført jorda	Tonn C bundet i jorda (>100 år)**
Veirydding	5 386	1 616	1 205	940
GROT	4 267	1 280	955	745
Fiskeslam	2 598	780	185	93
Slakteriavfall #	721	216	105	53
Blanda trevirke	2 096	629	469	366
Avløpsslam	262	79	19	10
Sikterest	301	90	21	11
Hage- parkavfall	2 250	675	503	392
Matavfall	1 771	531	236	118
Sum	19 652	5 896	3 698	2 728
Totalt CO₂-ekvivalenter (tonn)			13 572	10 012

*Forenklet versjon av Tabell 36 (Simonsen, 2021).

**Fraksjon biokull igjen etter 100 år er estimert til å være 78 % for trevirke basert råstoff (Woolf mfl. 2021). På grunn av usikkerhet rundt karbonstabilitet av slamaktig råstoff, har vi skjønnsmessig redusert dette til 50 % for sikterest, avløpslam, matavfall, fiskeslam, og slakteriavfallet.

5.2. Karbonbindingspotensialet ved bruk av biokull i vestlandsjord

5.2.1. Generelt om jordstruktur og jordkvalitet i Sogn og i Vestland



Figur 12: Jordsmonnskartlegging dekningsgrad i Norge i 2021.

Kartlegging av jordsmonn er lite utbredt i Vestland sammenlignet med de store hovedlandbruksområdene i Norge. Heldigvis er kommuner som f.eks. Lærdal, som også kan være et veldig aktuelt bruksområde for biokullet til SIMAS, en av de få kommunene som er godt kartlagt (64 % dekning) og gir nyttig informasjon til rapporten. I beskrivelsen av jordbruksareal i tidligere Sogn og Fjordane fylke (nå Vestland) refererer vi til NIBIO 3(94) av Lågbu and Svendgård-Stokke, 2017. Vi bruker jordsmonnsbeskrivelsen av den delen av Vestland, der det er mest sannsynlig at biokullet til SIMAS vil bli brukt. Jordsmonnundersøkelsen viser at 75 % av jordbruksarealet i gamle Sogn og Fjordane fylke er definert som “god” eller “svært god”. Definisjoner på begrepene “svært god”, “god” og “mindre god” finnes på NIBIOs nettsider²⁴.

²⁴ <https://www.nibio.no/tema/jord/jordkartlegging/jordsmonnkart/jordkvalitet>

Tabell 15: Jordkvalitet fordelt på kvalitetsklasser per areal i tidligere Sogn og Fjordane fylke (kilde: Lågbu og Svendgård-Stokke, 2017)

Kvalitet	Daa	%
Svært god	59 300	18
God	182 900	57
Mindre god	80 733	25

Rapporten beskriver de følgende fakta om jordbruksareal i tidligere Sogn og Fjordane:

- Den viktigste begrensende faktor for agronomisk bruk av dyrka mark i Sogn og Fjordane er fast fjell innen 1 m dybde.
- Den nest viktigste begrensende faktoren for agronomisk bruk av dyrka mark i Sogn og Fjordane, er organiske jordlag.
- Organisk jord er jord med minimum 20 % organisk materiale. Dette laget har en tykkelse på minimum 40 cm.
- 24 % av dyrka mark i Sogn og Fjordane (76 600 daa) er anslått å ha et innhold av organisk materiale som gir begrensinger i bruken av arealet.
- 47 % (150 600 daa) er anslått å være i klassen annen mineraljord (klasse 6). I denne klassen er innholdet av organisk materiale i overflatesjiktet < 6 %.
- Jord som inneholder mellom 6 % og 20 % organisk materiale, havner i klassen mineraljord med humusrikt overflatesjikt (klasse 4). Denne klassen er estimert til å utgjøre hele 30 % av dyrka mark i Sogn og Fjordane (94 600 daa).
- Alle arealer som ikke er estimert til å havne i klasse 6 (annen mineraljord) vil kunne bli vanskeligere å drive med økte nedbørsmengder og økt nedbørintensitet, fordi bæreevnene vil være lave når jorda inneholder mye vann (Lågbu og Svendgård-Stokke, 2017).

5.2.2. Karbonbindingspotensiale ved bruk av biokull fra bioavfall i vestlandsjord

Generelt kan det sies at biokull kan være et godt karbonlagringstiltak når den er tilsatt til mineraljord med relativt lavt moldinnhold. Det er forsket lite på hvordan biokull påvirker den totale karbonbalansen når den tilsettes jord som alt har et høyt karboninnhold, f.eks. organisk jord (som definert overfor). Det er tidligere rapportert at biokull muligens kan akselerere nedbrytningen av eksisterende humusinnhold i boreal skogsjord (Wardle et al. 2008). Inntil det

er gjennomført mer forskning er gjort på hvordan biokull påvirker humusinnholdet i humusrikt jordsmonn, vil det være mer konservativt å bruke biokull kun på moldfattig mineraljord. Det er tidligere påvist at biokull-karbon kan brytes ned også via abiotiske prosesser, f.eks. ved at biokull karbonet ble mer redusert under steriliserte forhold ved 70 °C kontra 30 °C. Ut fra dette kan man anta at i en komposteringsprosess som må opp i rundt 70 grader, vil det også skje en delvis nedbryting av biokull (Cheng mfl. 2006). Tidligere forsøk viser det seg at den mindre stabile fraksjonen er “spist opp” under kompostering, mens hovedkomponenten, den stabile fraksjonen forblir intakt gjennom komposteringsprosessen (Fischer mfl. 2018).

5.2.3. Bruk av biokull i grønnsaksproduksjon i Lærdal?

I løpet av prosjektet, har flere prosjektdeltagere og verdikjedeaktører pekt på at jordbruksarealer i Lærdal kan være det området i SIMAS-regionen, hvor biokullkompost kommer til størst agronomisk nytte. Lærdal har et jordsmonn basert på bre- og elveavsetninger. Jordteksturen er hovedsakelig sandjord eller “silty sand” ifølge NIBIOs database for kartlegging av jordsmonn, *Kilden*. Lærdal er en av kommunene i Vestland med lavest årlige nedbør med ca. 500 mm per år. Dallandskapet i Lærdal har vært utsatt for flom, selv etter mye arbeid med elveforebygginger og kraftutbygginger i vassdraget. Den siste flommen rammet Lærdal i oktober 2014. På den andre siden kan også dalen rammes av tørke på sommeren, slik som den svært tørre perioden i juli 2021, da det kun falt 4 mm regn (80 % under normalen). Disse værphenomenene er vanskelig å kontrollere, og det betyr at jordbruket i Lærdal må være forberedt på å tilpasses seg naturlige variasjoner med for mye regn og for lite regn, men også at klimaendringer kan forsterke og forverre svingningene i nedbør. I tillegg til å være et klimatiltak, kan biokull også være et viktig klimatilpasningstiltak i sandjorden i Lærdal, ved at tilførsel av biokull blandet med kompost kan øke sandjordens kapasitet til å holde på vann.

Man må også ha i bakhodet at når det oppstår en storflom som den i oktober 2014, er det en risiko for både jord, kompost og biokull vaskes bort fra bøndene sine jordbruksarealer. Et NIBIO-ledet forsøk med slam og biokull i Sel kommune i Gudbrandsdalen, opplevde uheldigvis akkurat en slik situasjon i 2011. Biokull som var tilført en sandjord lokalitet i et dallandskap som ligner Lærdal ble vasket ut av jorden og flyttet med flomvannet. Dette gjorde at forsøket måtte avlyses, siden forsøksrutene ble ødelagt. Denne risikoen for tap av jord og biokull, vil muligens kunne virke inn på beslutningsprosesser for bøndene i Lærdal. Hvor mye skal de investere i jordkvalitetshevende tiltak hvis en framtidig flom kan ødelegge det? Samtidig er jo denne risikoen den samme for hvilken som helst annen jordtilsetning og gjødsel bøndene bruker. Vi vil likevel hevde at prisen

for biokull/kompostblanding bør være gunstig i forholdt til prisen på kunstgjødsel, for at biokullblandinger skal bli oppfattet som et godt alternativ.

Det er mulig å gjøre tiltak på gården som kan fange jord i en flomsituasjon, slik at man både blir mottaker og taper av jord. Eksempel på dette er “check dams” og “silt traps” som har vært brukt en del i permakulturdessign av agroøkosystemer (Barnes 2017).²⁵ Fordelen med bruk av biokull som karbonlagringstiltak i jord, er at selv om man eventuelt kan risikere å miste det fra gården i en flom, så er karbonlagringsevnen til biokull den samme om det ligger i jorda eller på bunnen av Lærdalselva eller fjorden. Faktisk har man sett at nedbrytningstiden til biokull blir ytterligere forlenget hvis det havner som et marint sediment (muntlig kommunikasjon, Adam O’Toole). Men det gir jo ikke noen agronomiske fordeler for bøndene. Kompost (eller annen gjødsel) som blir utvasket til elver vil brytes ned og forbruke oksygen i vannet, noe som kan være uheldig for fiskehelsen og true laksefisket i Lærdalselva, hvis det skjer i stort omfang.

Lærdal kommune og potetbønder i Lærdal ønsker nå å se på forskjellige klimatiltak, som kan redusere klimagassutslippene fra landbruket i kommunen. Vi har sett på klimagassutslipp fra bl.a. Lærdal kommune i kap. 6.4., og finner at biokull produsert fra biomasse i regionen kan ha et betydelig potensial for å redusere klimagassutslippene fra jordbrukssektoren i bl.a. Lærdal.

Grønnsaksbønder i Lærdal som ev. vil starte å bruke biokull blandet med kompost, kan frese dette ned i jorda sammen med husdyrgjødsel før 30. september, som er fristen for nedmolding av husdyrgjødsel i Lærdal kommune. Høsten, vinteren og tidlig vår vil gi jordlivet nok tid til å bearbeide komposten, og bønder kan så og gjødsle om vanlig i våronnen. Det er forventet at med årlig tilførsel av biokullkompost, kan man etter hvert spare på kunstgjødsel, men dette er noe bøndene kan finne ut av sammen med lokale NLR-rådgivere.

²⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=N9rRkK1OWCk>

6. Potensial for verdikjedesamarbeid om biokull i regionen

Når vi har sett på potensialet for verdikjedesamarbeid har vi bl.a. sett på innsamlede og nye avfallsmengder/materialstrømmer i Sogn og den utvidete regionen mot Sunnfjord og Nordfjord. Dette er gjengitt i kap. 3. Her i kap. 6, vil vi gå igjennom ulike politiske og samfunnsmessige rammefaktorer samt drivere og barrierer som finnes på individnivå, bedriftsnivå eller samfunnsnivå, som kan påvirke verdikjedeutviklingen for biokull i regionen.

6.1. Eksisterende samarbeid og håndtering av biologisk avfall i Sogn (og utvidet region)

Det er per i dag fem avfallsselskaper med seks utslippstillatelser, som opererer og samler inn biologisk avfall fra husholdninger og/eller næringsavfall i Sogneregionen (tabell 16). Årdal kommune er medlem i SIMAS, men har til nå behandlet sitt våtorganiske avfall sammen med annet kommunalt restavfall og brent dette i forbrenningsanlegget i Geithus. Nye krav både til utslipp fra forbrenningsanlegg og økte krav til utsortering av biologisk avfall fra husholdninger i avfallsforskriften f.o.m. 2023²⁶ vil presse frem en endring av dette.

Totalt er det tre interkommunale avfallsselskaper, som opererer i gamle Sogn og Fjordane fylke: SIMAS IKS, Sunnfjord Miljøverk (SUM) og Nordfjord Miljøverk (NOMIL). To av de tre interkommunale avfallsselskapene samarbeider allerede i dag om sluthåndtering av våtorganisk avfall, gjennom at NOMIL leverer sitt matavfall og noe hageavfall til SIMAS, som komposterer dette sammen med sitt eget innsamlede mat- og hageavfall i Festingdalen. SUM har per i dag ikke utsortering av matavfall, så matavfallet er blandet med restavfall og leveres til forbrenning med energiutnyttelse. Det har gjort forsøk med kompostering av slam og trevirke, men disse er nå avsluttet. SUM har fått tillatelse til å etablere en biocelle med opptil 80 000 m³ biologisk materiale²⁷. Ut over dette, har Norva²⁴ tillatelse til å samle inn totalt 25 000 tonn avvannet avløpsslam, som komposteres i Gulen. Nylig har det også blitt gitt en tillatelse til et biogassanlegg

²⁶ Forskriftsforslag utsortering biologisk avfall

²⁷ [Tillatelse SUM](#)

i Kinn kommune, til Havlandet Havbruk²⁸. Dette er et landbasert settefiskanlegg, som skal bruke sitt eget slam fra smoltproduksjonen til å produsere inntil 1 944 000 Sm³ biogass.

Tabell 16: Avfallsselskaper som opererer i Sogn og utvidet region (kilde: Norske utslipp)

Avfallsselskaper med utslippstillatelse som opererer i Sogneregionen					
kilde: Norske utslipp					
		Løype ordinært avfall	Mengde bioavfall	Type bioavfall	Lokalitet
Sogndal	Sunde Resirk	4 500 tonn	?	Næringsavfall: Trevirke	Kaupanger, Sogndal
	SIMAS	35 000 tonn	15 000 tonn	våtorganisk avfall, treavfall, hageavfall, ravingsvirke	Kaupanger
Årdal	Sunde resirk	15 000 tonn	?	Næringsavfall: Trevirke, ravingsavfall	Utladalen, Årdal
	Geithus forbrenningsanlegg	3000 tonn	?	Ikke farlig avfall, ravingsvirke, rent treavfall, våtorgansk avfall	Geithus, Årdal
Sunnfjord	Norsk Gjenvinning	17 250 tonn	?	Næringsavfall: impregnert trevirke, ravingsavfall, byggeavfall	Førde
Gulen	Norva24	25 000 tonn	25 000 tonn	kloakkslam	Dalsøyra, Gulen
	SUM				
	NOMIL		2500 tonn	Våtorganisk avfall	Sandane

For tiden er det ulike planer om bedre utnyttelse av bioavfallet i alle de tre interkommunale selskapene. SIMAS som vurderer som nevnt biokullproduksjon, NOMIL planlegger biogassanlegg på Byrkjelo fra landbruksgjødsel, våtorganisk avfall og fiskeslam og SUM planlegger produksjon av biokull fra avløpsslam, trevirke og hageavfall (+ ev. avfallet fra biocellene). Om alle disse planene realiseres, vil dette selvsagt påvirke tilgangen på råstoff og fordeling av våtorganisk avfall mellom regionene. På workshopen vi holdt i Sogndal 21. september var derfor informasjonsdeling og samarbeid om nye sirkulære løsninger for tilgjengelige bioressurser et tema. Alle IKSene tok til orde for at de ønsket samarbeid om en eventuell etablering av nye løsninger og biokull-/biogass-/bioenergiproduksjon fra avfall i Sogn, Sunnfjord og Nordfjord. En sikker og forutsigbar tilgang på biologisk råstoff er viktig for å sikre at nyetableringer for bioenergi-/biogass-/biokullproduksjon blir bærekraftige, med hensyn til både økonomiske og sosiale effekter og miljø/klima. Åpen dialog, samarbeid og satsing på utfyllende løsninger, som løser flere avfallsutfordringer og bioenergibehov som regionen har vil være svært tjenlig. SIMAS, andre avfallsselskaper og andre aktører i en mulig verdikjede for biokull, har gjennom flere workshoper

²⁸ [Tillatelse Havlandet Havbruk](#)

og aktiviteter i FØNIKS fått anledning til å dele kunnskap, bygge nettverk, og samarbeide med ressurspersoner på tvers av sektorer, offentlige/private aktører, FoU og næringslivet.

6.2. Eksisterende initiativ og produksjon av biokull i regionen

I Sogn er det i dag litt produksjon av biokull i to Kontiki-ovner (åpen, manuell brenning av hageavfall og trevirke i batch-ovner) ved Sogn Jord- og Hagebruksskule i Aurland. De tar imot ca. 500 m³ hageavfall årlig fra Aurland kommune, som delvis går til produksjon av kompost (ca. 120 m³) og delvis til biokullproduksjon (ca. 30 m³), mens overskytende blir levert videre til SIMAS (epost SJH, 21.10.21). Aurland kommune har mottatt Klimasats-midler fra Miljødirektoratet til forprosjekt for biokullproduksjonen sin. Det er også gitt Klimasats-støtte til biokullproduksjon i Flora kommune²⁹ (nå Kinn kommune), hvor kommunen, ved teknisk etat, vil produsere biokull fra hageavfallet sitt bl.a. for å bekjempe parkslirekne og andre arter på fremmedartlisten. De planlegger innkjøp av Biomac C40 pyrolyseovn og biokullkjelen vil bli plassert ved et av kommunens bygg for å utnytte overskuddsvarmen.

Furnes biokull er et nyetablert selskap i Sunnfjord som produserer enkle brennovner/batch ovner i tre ulike størrelser (ala Kontiki ovnen) og har startet prøveproduksjon av biokull fra jordbruks- og hageavfall. Utover disse mindre initiativene, kjenner vi også til planer om biokullproduksjon i Sunnfjord, gjennom et samarbeid med SUM, Hellenes AS (teknologileverandør på tørking og pyrolyse) og Sunnfjord kommune om utnyttelse av kloakkslam i Sunnfjord og omegn (orientering fra SUM, workshop 21.09.21).

6.3. Næringspolitiske rammefaktorer for Vestland

Hvordan stiller næringspolitiske mål og virkemidler/tiltak i Vestland fylke seg til utvikling av biokull produksjon? I *Næringsplanen til Vestland fylkeskommune*³⁰ fra 2021, finner vi et hovedmål om at Vestland skal bli et ledende verdiskapningsfylke basert på bærekraftig bruk av naturressurser, grønn næringsutvikling og innovasjon. Et av delmålene angir klima og miljø som premiss for samfunnsutviklingen. Planen sier ikke noe generelt om bioøkonomi eller spesifikt om biokull. Skogen trekkes frem som en kilde til fornybare ressurser, men planen sier lite om hvordan fylkeskommunen tenker seg disse kan utnyttes. Men, sirkulær økonomi og karbonfangst og lagring (CCS) blir trukket fram som to av verdikjedene som har potensiale for økt verdiskaping i

²⁹ Tilsagn Kinn kommune

³⁰ <https://innsyn.vlfk.no/Innsyn/RegistryEntry/ShowDocument?registryEntryId=438762&documentId=795098>

årene framover. I *handlingsprogram for innovasjon og næringsutvikling i Vestland 2020*³¹, finner vi disse avsnittene under kapittelet «Grøn konkurransekraft og klimainnovasjon»:

«Sirkulærøkonomi og bioøkonomi, er og viktige for utvikling av grøn konkurransekraft. Eit anna satsingsområde er meir berekraftig produksjon av sjømat og landbruksprodukt, og anna utnytting av biologiske ressursar, som bruk av nye ingrediensar og ny bruk av avfall og bioenergi».

«Stimulere sirkulær- og bioøkonomi, som produksjon av kortreiste råstoff som får til akvakultur, produksjon og bruk av biogass, nye oppdrettsarter og bruk av avfall som ressurs».

Biokull er dermed ikke nevnt spesifikt i gjeldende næringsplan eller handlingsprogram 2020, men generelle formuleringer om ny bruk av avfall, betre utnytting av biologiske ressurser, biogass og sirkulær-/bioøkonomi, grønt skifte og nye teknologiske løsninger vil helt klart gi rom for å forankre nye satsinger på biokullproduksjon i målsetninger i de næringspolitiske planene for Vestland. Handlingsplanen for 2020 er vedtatt å videreføres i 2021, med en tydeligere prioritering inn mot satsinger på energi og sirkulære forretningsmodeller³².

*Handlingsplanen for landbruk i Vestland 2021*³³, sier heller ingenting om biokull, hverken om uttak av råstoff til biokullproduksjon eller bruk av biokull som jordforbedringsmiddel i landbruket og landbruksrelaterte næringer. Det er likevel et avsnitt om bioenergi og biogass hvor det står:

«Det er eit stort potensial for å nytte meir norsk trevirke til biodiesel og nytte husdyrgjødsel til biogass. Produksjon av biogass kan gje både reduserte utslipp av klimagassar frå gjødsellager og redusert forbruk av fossilt brensel. Småskala kraftproduksjon kan gje grøn verdiskaping og høve til auka inntekt i landbruket. Ein heilskapleg biogasstrategi for Vestland er under utarbeiding. Landbruket har gjeve innspel til strategien. Landbruket er også ein viktig aktør når strategien skal setjast ut i livet, både som råstoffleverandør, mottakar av sikterest og som potensiell produsent og brukar av biogass».

Potensialet for å realisere sirkulære forretningsmodeller er et av de viktigste konkurransefortrinnene Vestland har til omstilling, ifølge rapporten *Vestlandsscenarioer 2020*³⁴. Rapporten trekker også fram CCS/CCU, bioreaktorteknologi for avfall og slam til energi, bærekraftig drivstoff, avfall og restråstoff til energi/fôr/mat/gjødsel som noen av fortrinnene næringslivet i Vestland har til å skape nye sirkulære verdikjeder. For å lykkes trekker rapporten frem

³¹https://www.vestlandfylke.no/globalassets/innovasjon-og-naringsutvikling/vfk_handlingsprogram_2020_issuu.pdf
³²<https://innsyn.vfk.no/Innsyn/DmbHandling/ShowDmbHandlingDocument?dmbId=4373&caseType=CasesFremleg®istryEntryId=325468>

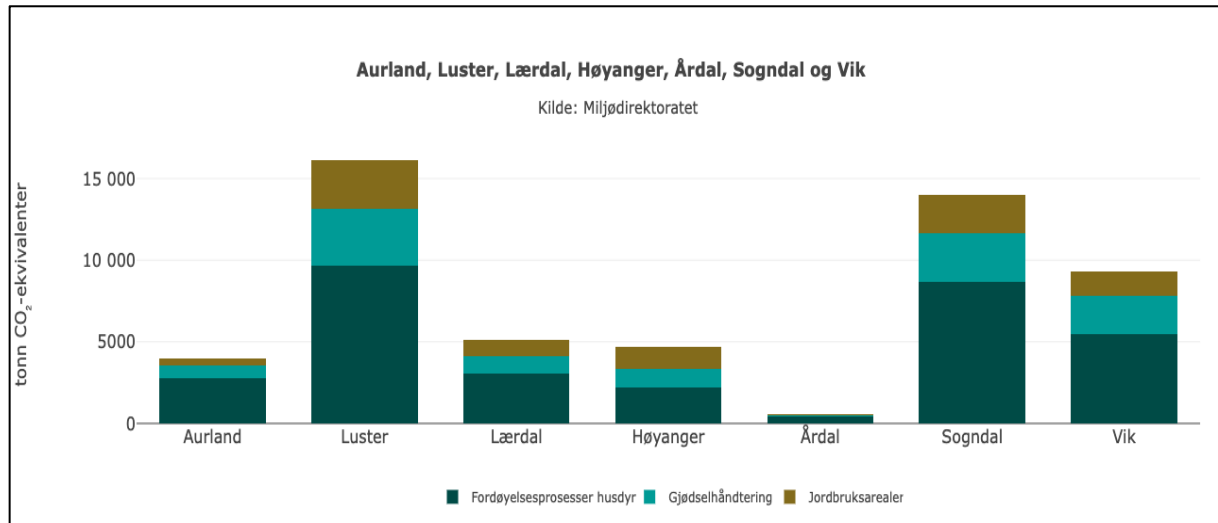
³³ <https://www.vestlandfylke.no/globalassets/landbruk-reiseliv-og-naturressursar/landbruk/handlingsplan-for-landbruk-i-vestland-2021.pdf>

³⁴<https://www.vestlandfylke.no/globalassets/innovasjon-og-naringsutvikling/vestlandsscenarioene-2020---executive-summaryv1.pdf>

industriell symbiose, og samarbeid på tvers og i brede team av forskere, kunder og leverandører for å sikre relevant kompetanse til de nye grønne næringene.

6.4. Klimagassutslipp i Sogn og klimapolitiske rammefaktorer for Vestland

For å si noe om markedspotensialet for biokull i Sogn som et klimatiltak, har vi sett på status for klimagassutslipp i de syv medlemskommunene til SIMAS. Ifølge Miljødirektoratet³⁵ lå de totale klimautslippene for sogne-kommunene på 749 147 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i 2019. Det er Årdal (426 007 millioner tonn CO₂-ekvivalenter) etterfulgt av Høyanger (141 507 millioner tonn CO₂-ekvivalenter) som har de høyeste utslippene, der smelteverksindustrien og annen industri drar opp utslippene i kommunene vesentlig. Bidraget fra biokull vil være beskjedent når man ser det opp mot det totale klimagassutslippet i kommunene. Ser vi bare på utslippene fra jordbruket alene, får vi tallene som er presentert i figur 13, nedenfor. Bidraget fra jordbruket, som er utslipp fra fordøyelse hos dyr, gjødselhåndtering og jordbruksarealer, var totalt 53 796 tonn CO₂-ekvivalenter for alle sognekommunene i 2019. Av dette hadde Aurland 3991 tonn, Luster 16 135 tonn, Lærdal 5 109 tonn, Høyanger 4 691 tonn, Årdal 580 tonn, Sogndal 14 003 tonn og Vik 9 287 tonn CO₂-ekvivalenter.



Figur 13: Klimagassutslipp i de syv sognekommunene i 2019 (tonn CO₂-ekvivalenter)

Kommunene i Sogn har utarbeidet sine egne klima og miljøplaner som gir føringer og retning om kutt i klimagassutslipp innen 2030. Vi finner f.eks. i Lærdal kommune sin kommunedelplan for klima, energi og miljø, en målsetning om at: *“Dei direkte klimagassutsleppa i Lærdal kommune er*

³⁵ <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/sammenligning/?area=618>

halvert, og redusert med minst 10 000 tonn CO₂e i 2030, samanlikna med utsleppa i 2018. I 2050 eit 0-utsleppssamfunn". Ifølge tall fra Miljødirektoratet (fotnote 35) var Lærdal sine totale utslipp i 2018 på 20 479 millioner tonn CO₂-ekvivalenter, hvorav 5 265 tonn CO₂-ekvivalenter kom fra jordbruket. Vi har vist at potensialet for karbonfangst i biokull fra bioavfallsfraksjonene i dette studiet er totalt rundt 10 000 tonn CO₂-ekvivalenter per år. Vi ser da at biokull kan være et reellt klimatiltak, som kan hjelpe flere av sognekommunene med å nå sine klimakutt innenfor jordbrukssektoren fram mot 2030. Vi anbefaler spesielt jordbruksområder i kommuner med høyt innslag av sandjord, slik som Lærdal kommune, å vurdere bruk av biokull blandet med kompost som jordforbedringsmiddel. Dette vil være både god agronomi, et godt klimatiltak, men også et godt klimatilpasningstiltak (se kap. 5.2.3).

Vestland fylke har også utarbeidet planer for klimakutt og klimatilpasning. *Klimaplanen for Sogn og Fjordane* ble lansert i 2018, og består av tre deler: en kunnskapsdel, en plandel og en handlingsplan. Kunnskapsdelen³⁶ viser til Klimakur³⁷, og at biokull er et av tiltakene for økt karbonbinding og klimagassreduksjon fra landbruket: "*Produksjon av biokol frå halm og lagring i jordbruksjord*". Under fossilfrie alternativ som kan være aktuelle for Sogn og Fjordane, finner vi teksten:

"Bioenergi er eit samleomgrep for utnytting av biomasse til energiformål. Det vanlegaste bruksområdet for denne type energi er produksjon av varme. Det er mogeleg å m.a. produsere elektrisk kraft, biogass og biodrivstoff og hydrogen frå biomasse. Auka bruk av bioenergi for å erstatte fossil energibruk vert av mange rekna som eit viktig tiltak for å redusere klimagassutsleppa".

Biokull blir ikke nevnt som tiltak i avsnittet om karbonbinding i landbruket og skogbruket eller under klimatilpasning. Handlingsplanen³⁸ har som tiltak 37 å etablere en biostrategi:

"Fylkeskommunen skal arbeide med ein biostrategi der naturgjevne tilhøva vert vurdert utnytta til å skape ei kompetansekyllinge og eit biogassanlegg basert på husdyrgjødsel og anna organisk avfall".

*Klimaplanen for Hordaland*³⁹ ble lansert i 2014, og har ikke spesifikk omtale av biokull under bioenergi-kapittelet, men biogass, biovarme og biodrivstoff blir nevnt. Når klimaplanene skal revideres og slås sammen for det nye fylket, vil vi anbefale også å inkludere biokull som et nytt klimatiltak, klimatilpasningstiltak og et nytt satsingsområde innen bioøkonomi og sirkulær økonomi i Vestland fylke. Å bruke teknologinøytrale formuleringer er også å anbefale, i en tid der

³⁶ [Regional plan for klimaomstilling 2018-2021 - Kunnskapsdel](#)

³⁷ <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf>

³⁸ [Regional plan for klimaomstilling 2018-2018 - Handlingsprogram](#)

³⁹ <https://www.vestlandfylke.no/globalassets/planlegging/regionale-planer/klimaplan-for-hordaland-2014-2030.pdf>

teknologi og innovasjoner endrer seg i et raskere tempo, slik at det ikke er tvil om at nye løsninger vil bli satset på av fylkeskommunen.

I *KLIMAKUR Tiltak og virkemidler mot 2030*⁴⁰ utgitt i 2020, blir biokull nevnt som et tiltak som øker karbonbinding i jordbrukssektoren, som også vil påvirke sektorene *skog* og *annen arealbruk*. Rapporten peker på viktige barrierer rundt privatøkonomisk lønnsomhet, mangel på kunnskap og manglende verdikjeder for biokull. Planen nevner at tilskudd som kompenserer for økte kostnader kan gi insentiv til gjennomføring. Nasjonale krav til oppfyllelse av bærekraftkriterier til bioenergi, vil sikre klimaeffekt av bl.a. fjernvarme. Bioenergiltakene oppsummeres til bruk av ca. 5 TWh bioenergi i 2030, som forutsetter utvikling av teknologi, verdikjeder og regelverk, både nasjonalt og globalt. Klimakur (fotnote 40) gir også mål om å øke uttaket av GROT fra skogen og oppsummerer noen hovedprinsipper viktig for bærekraftig utnyttelse av biomasse på side 29. Alle punktene taler for produksjon av biokull fra biologisk avfall, selv om Klimakur ikke nevner biokullproduksjon spesifikt, men mer generelt henviser til bio-CCS. Punktene er:

- *Tiltak som reduserer behovet for bruk av biomasse og landareal prioriteres over tiltak som øker bruken*
- *Økt produksjon av biomasse og opptak av CO₂ i jord og biomasse på landarealer prioriteres*
- *Biomasse brukes fortrinnsvis til produksjon av langlevde og høyverdige produkter, mens avfall og rester fra produksjonen brukes til bioenergi*
- *Bioenergi kobles med karbonfangst og -lagring (CCS) for å oppnå negative utslipp*

I *Meld. St. 33 (2019-2020) Langskip – fangst og lagring av CO₂*⁴¹ omtales hvordan Norge skal satse på fullskala industriell CO₂-håndtering, med investeringer på titalls milliarder kroner, med mål om å fange 4-8 millioner tonn CO₂ over 10 år. Meldingen omtaler Bio-CCS, bruk av bioenergi fra biologiske materialer med CO₂ fangst og lagring og karbonopptak i landbruk, skogbruk og arealbrukssektoren (AFOLU-sektoren), men nevner ikke noe om biokull som fangstteknologi.

Utover de nevnte klimaplanerne, nevnes biokull også i Norges Bondelags *Landbrukets klimaplan 2021-2030*⁴² som et viktig tiltak for mer karbonlagring i landbruket. Planen nevner også at biokull kan være et klimatilpasningstiltak, på grunn av evnen biokullet har til å holde på vann og

⁴⁰ <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf>

⁴¹ <https://www.regjeringen.no/contentassets/943cb244091d4b2fb3782f395d69b05b/nn-no/pdfs/stm201920200033000dddpdfs.pdf>

⁴² <https://www.statsforvalteren.no/contentassets/c55716dd4c014eb0b02be1076ad18a70/landbrukets-klimaplan-2021-2030-1.pdf>

næringsstoffer. Målet for karbonopptak fra biokull settes i klimaplanen til 830 000 tonn CO₂-ekvivalenter.

Regjeringens strategi for skognæringen, *Skog og trenæringa - ein drivar for grøn omstilling*⁴³ nevner biokull i forbindelse med økt uttak av GROT fra skogen. Strategien skriver at dersom hele treet blir utnyttet til verdiskaping, så vil dette skape mer robuste verdikjeder rundt skognæringen.

6.5. Offentlige støtteordninger for å produsere eller ta i bruk biokull i Sogn/Vestland fylke

Offentlige støtteordninger og insentiver er viktige for å stimulere til ønsket og nødvendig utvikling av nye, viktige næringer i lavutslippssamfunnet, men der markedet fremdeles er umodent, eller der andre usikkerheter og risiko hefter ved. Vi har her gjort en analyse av 18 ulike offentlige støtteordninger for bioenergi, bioressurser eller klimateknologi, for å finne ut hvor egnet de er for støtte til biokullproduksjon, uttak av bioressurser til en eventuell biokullverdikjede m.m. Av de 18 ordningene vi gikk igjennom, er det bare tre ordninger som enten nevner biokull spesielt i utlysningsteksten eller der vi har funnet at det er gitt støtte til konkrete biokullprosjekter. Disse er markert med grønn farge i tabell 17. Dette er ordninger som Innovasjon Norge, ENOVA og Miljødirektoratet styrer og midlene deles ut etter søknad og vurdering av søknad. Alle disse rettes mot produsenter av biokull, utvikling av teknologi, etablering av pilotanlegg osv. for biokull produksjon, og ingen til brukere av biokull. Bare to av ordningene vi har sett på stimulerer gårdbrukere og skogeiere til råvareuttak (skogsvirke, slam/gjødsellevering m.m.) og levering av biomasse/bioavfall til bioenergi- eller biogassanlegg, eller til egen produksjon av bioenergi/biogass. Disse ordningene omfatter ikke biokull produksjon i dag, men kan lett justeres til også å omfatte levering av biomasse til biokullproduksjon, og er derfor markert med gul farge i tabell 17.

Barrierer knyttet til manglende støtteordninger for utvikling av biokullverdikjeder er en gjentakende problemstilling fra ulike verdikjedeaktører vi har vært i kontakt med, og da spesielt at vi mangler virkemidler som stimulerer kundesiden og råvareleverandører (se kap. 6.7. og vedlegg 1 og 2). Behov for nye virkemidler til landbruket trekkes også fram i *Landbrukets klimaplan* (Norges Bondelag, 2021). Her pekes det også på det store behovet for forsknings- og utviklingsarbeid knyttet til bruk av biokull, og at det bør stimuleres til etablering av verdikjeder

⁴³<https://www.regjeringen.no/contentassets/4e87f1f240f047bfac91e3202df74fcf/endelig-versjon-skog-og-trenariga-ein-drivar-for-gron-omstilling-07.03.2019.pdf>

mellom fagmiljøer og bønder. De nevner også behovet for å utrede prissetting for deponering av biokull og at FNs klimapanel må påvirkes til å inkludere fangst og lagring av karbon i biokull i de nasjonale klimaregnskapene som skal lages (ibid).

Vi vil trekke fram en helt ny prøveordning i Trøndelag fylkeskommune⁴⁴, der prosjektet «Karbon i jord» skal prøve ut tilskuddsordninger som skal stimulere til økt fangst av karbon i jord og/eller redusert tap av karbon fra jord. Her stimuleres opptil 20 forskjellige kornbønder med et tilskudd på 3000 kr per dekar ved bruk av biokull på areal der det har vært ensidig kornproduksjon. Det skal spres minimum 150 kg biokull per dekar (vanninnhold 25 %).

Vi vil anbefale at det blir gjort en grundig og systematisk gjennomgang av alle offentlige stimuleringsmidler til gode tiltak og satsinger innen klima, miljø, bioøkonomi og agronomi/skogpleie fra ulike nivåer i forvaltningen. En bør sikre at ulike støtteordninger ikke motvirker hverandre, og at de ikke blir for teknologispesifikke, slik at det oppstår usikkerhet både hos forvaltere og søkere om hva ordningene faktisk kan gi støtte til. Vi mener det i større grad bør brukes teknologinøytrale formuleringer, for å favne både kjente og eventuelle nye, innovative løsninger, som kan øke utnyttelsen av biomasseressurser og redusere klimagassutslipp fra ulike sektorer.

Tabell 17. Oversikt over gjeldende støtteordninger for bioenergi, bioressurser og klimateknologi som gjelder for Vestland fylke

	Ordning	Hva blir støttet?	Bio-kull nevnt	Hvem kan søke?	Andre krav?	Hvor mye støtte?
Innovasjon Norge	Bioøkonomi-prosjektordninga	Nye løsninger for produksjon, foredling og distribusjon av bioressurser	Nei	SMB og store bedrifter	2 års varighet, økt lønnsomhet/klimatiltak	100 000 – 3 mill. kr
	Miljøteknologi-ordninga			SMB og store bedrifter		
	Fornybar energi i Landbruket	Tilskudd og lån til anlegg og teknologi for energiprod. og klimatiltak i landbruket	Ja	Bønder og skogeiere (allmenninger og skogeierlag)	Bidra til økt verdiskaping i Norge, gi reduksjon i klimagasser	Inntil 45 % og 8 mill. kr
ENOVA	Biogass- og biodrivstoffordninga	Investeringer i produksjons-anlegg	Nei	Virksomheter, nye og oppgradering av anlegg	Min. produksjon på 1 GWh, kun 2. og 3. generasjons biodrivstoff	Individuelt, maksbeløp reg. av statsstøtte-regelverket
	Piloting av ny energi og klimateknologi	FoU støtte og investeringsstøtte til utslippsfri teknologi og prosesser for å redusere fossile kilder	Nei	SMB og store bedrifter	TRL 5-7, Eksp. utvikling	25-45 % av prosjektkost. (kan økes til 40-60 %)

⁴⁴ <https://www.statsforvalteren.no/nb/Trondelag/Landbruk-og-reindrift/Nyheter-landbruk-og-mat/2021/04/tilskudd-for-karbon-i-jord/>

	Demonstrasjon av ny energi- og klimateknologi	Lån til å avlaste teknisk risiko for demo. anlegg	Nei	SMB og store bedrifter	TRL 7	Betinget lån
	Fullskala innovativ energi og klimateknologi	Investeringsstøtte til moden teknologi og anlegg	Nei	SMB og store bedrifter	TRL 8	Individuelt
Kommuner i Sogn	Tilskudd til gjødsling av skog som klimatiltak	Gjødsling av skog med nitrogen gjødsel, kalkholdig gjødsel	Nei	Skogeiere	Hogstklasse IV prioritert, nitrogen-gjødsel	Inntil 40 % av dokumentert kostnad
	SMIL midler	Tiltak/prosjekter på landbruks- eiendommer for å redusere tap av næringsstoff, partikler eller forurensning.	Nei	Foretak som oppfyller vilkårene i produksjons-tilskuddsforskrift og eier av landbruks-eiendom dersom det foregår en produksjon på eiendommen.	Kommunene har egen prioritering	Inntil 30 % av tiltaket sin kostnad.
	NMSK (tilskudd til nærings- og miljøtiltak i skog)	Markbereding, planting, skogsveier, skadeforebyggende tiltak, skjøtsel, utdrift av skogsvirke til bioenergi, bio.mangfold osv.	Nei	Skogeiere	Over 10 daa produktiv skog	
	Næringsfond	Oppstart eller videreutvikling av bedrifter	Nei	Privat næringsliv, IKSer	Etablering i en gitt kommune	Tilskudd inntil 30 % av kostnad, Lån individuelt
Vestland fylkeskommune*	Tilskudd til innovasjon og næringsutvikling	Energi, sirkulære forretningsmodell grønn konkurransekraft verdikjeder plast og bærekraft	Nei	Kommuner, organisasjoner og FoU institusjoner (ikke bedrifter el. privatpersoner)	Politisk prioritering, inntil 50 % delstøtte til utviklings-prosjekt	Individuelt (15 mill. kr i potten)
	Tilskudd til regionale tilretteleggings tiltak i landbruket 2021	Klima og miljøinnsats, styrke verdikjede for lokalt trevirke	Nei	Landbruket og landbruksrelatert næringer	IN, SF og næringa er med i vurdering av søknader. Søknadsfrist 15.april og 1. oktober	Individuelt (6,74 mill. kr i potten)
Statsforvalteren i Vestland	RMP (regionalt miljøtilskudd i jordbruket)	Miljø og klimatiltak	Nei	Bønder/foretak med jordbruksdrift	Fylkesvis prioritering, 15.oktober	Individuelt
	Klima og miljømidler	Praktisk rettet utrednings- og informasjons-prosjekt som gir kunnskap om klimavennlig driftspraksis, klimagassutslipp, klimatilpasning, vannmiljø og kulturlandskap	Nei	Landbruksorg., FoU aktører m.m.	Fylkesvis prioritering, 1 mill. kr i 2021	Individuelt (19 000 til 175 000 kr i 2021)
Miljødirektoratet	Klimasats	Klimatiltak som reduserer klimagassutslipp	Nei	Kommuner og fylkeskommuner	Årlig utlysning, frist 15.feb, politisk forankret, krav om egeninnsats	Individuelt
	Tilskudd til klimatilpasning	Prosjekt som skal øke kunnskap om effekter av klimaendringer og hvilke tiltak som kan møte dem	Nei	Kommuner og fylkeskommuner	Årlig utlysning, frist 15. februar, elektronisk	Individuelt

					søknad, rapportering	
Landbruk sdirektor atet	Tilskudd for å levere husdyrgjødsel til biogassanlegg	Bønder får dekket utgifter for levering av husdyrgjødsel til biogassproduksjon	Nei	Jordbruksforetak	Årlig, mengde levert og tørrstoffinnhold må være kjent	Individuelt

* https://www.vestlandfylke.no/globalassets/innovasjon-og-naringsutvikling/vfk_handlingsprogram_2020_issuu.pdf

Innovasjon Norge

Et søk på Innovasjon Norge sine hjemmesider 01.09.21 gav 5 treff på søkeordet «biokull». Treffene relaterte seg til Oplandske bioenergis anlegg på Rudshøgda, WAI environmental solutions sitt prosjekt med demonstrasjonsanlegg i Kina, biokullanlegget til Arbaflame og Treklyngen på Follum, og ordningen med fornybar energi i landbruket.

Innovasjon Norge har en støtteordning for å stimulere til *innovasjon i bioøkonomiprosjekter*⁴⁵, med løpende innleveringsfrister, der bedrifter som utvikler og tar i bruk løsninger for produksjon, foredling og distribusjon av bioressurser kan få økonomisk støtte. Innovasjon Norge har en *miljøteknologiordning*⁴⁶ som også omfatter sirkulær økonomiprosjekter og bioøkonomi, gitt at prosjektene reduserer klimagassutslipp og/eller andre problematiske miljøpåvirkninger. Under denne ordningen kan både små og store bedrifter få finansiering til utvikling, pilot og demonstrasjonsløsninger, som vil redusere risikoen for investeringene som må gjøres. For å kvalifisere for miljøteknologiordningen, må et prosjekt ha en kvantifiserbar miljøeffekt (CO₂-ekvivalenter, kWh eller prosentvis forbedring) og sammenlignes med den beste tilgjengelige teknologien/ løsningen på markedet⁴⁷. Innovasjon Norge gir også finansiering i form av tilskudd og lån, for å *ta i bruk eller produsere råstoff for fornybar energi i landbruket*⁴⁸. Det kan gis støtte til investeringer til gårdsvarmeanlegg, veksthus, biogass- eller biokullproduksjon og flisproduksjon for salg. Det er bønder, skogeiere, landbruksskoler og teknologileverandører som kan søke på ordningen, og det kan søkes om støtte til ovner/reaktorer og annet utstyr for pyrolyse, gass-, energi- eller varme produksjon og lager for brensel og råstoff. Mange er interessert i denne typen produksjon av fornybar energi i landbruket, og pågangen av søknader er stor. Innovasjon Norge skriver på sine hjemmesider at det er tomt for midler i 2021. Her bør det legges inn flere midler

⁴⁵<https://www.innovasjonnorge.no/no/tjenester/innovasjon-og-utvikling/finansiering-for-innovasjon-og-utvikling/tilskudd-til-bioekonomiprojekter/>

⁴⁶<https://www.innovasjonnorge.no/no/tjenester/innovasjon-og-utvikling/finansiering-for-innovasjon-og-utvikling/tilskudd-til-miljoteknologiprojekter/>

⁴⁷ Tilskudd til miljøteknologi

⁴⁸<https://www.innovasjonnorge.no/no/tjenester/landbruk/finansiering-for-landbruket/fornybar-energi-i-landbruket/>

til ordningen for 2022, for å møte etterspørselen og stimulere videre til mer verdiskaping innen produksjon av bioenergi og biokull.

ENOVA

Et søk på «biokull» på ENOVAs hjemmesider 01.09.21 gav 20 treff. Treffene relaterer seg til biokjel/biovarme, energi- og biokullanlegget basert på avfallsbaserte råvarer som drives av Lindum/VOW ASA/Scanship, Silva Greens demonstrasjonsanlegg for biodrivstoff på Tofte, støtte til biokjel, biovarmeanlegg m.m.

Enova SF gir støtte til energi og klimatiltak i norsk næringsliv og offentlig sektor. Målet er å drive frem nødvendig energiomstilling og teknologiutvikling for å redusere klimagassutslippene og øke energiforsyningsevnen i Norge. Ordningen for biogass og biodrivstoff⁴⁹ kan gi støtte til investeringer (nybygg eller oppgradering) i produksjonsanlegg for biodrivstoff og biogass, der også biokull kan være et av produktene, fra andregenerasjon bioråstoff (avfall, sikterester og nye typer bioråstoff som ikke kan brukes til mat).

Landbruksordninger

Norges Bondelag, Norsk Bonde- og Småbrukarlag og regjeringen har inngått et forpliktende samarbeid om å redusere klimagassutslippene og øke karbonopptaket i jordbruket med 5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter fra 2021 til 2030. Biokull er nevnt som et av 30 ulike tiltak for å redusere klimagassutslipp fra landbruket. *Bondens klimafond* er et annet tiltak, for å følge opp denne avtalen, men insentivordninga er ikke innført enda. Ordninga er ment å gi skattefradrag til bønder som investerer i klimareduserende teknologi eller energiproduksjon. Det bør vurderes om næringen også kan få skattefradrag for biokullproduksjon eller bruk av biokull gjennom denne ordningen.

Tilskudd til gjødsling av skog som klimatiltak, kan kanskje også omfatte «gjødsling» med biokull, siden biokull i tillegg til karbonbindingspotensialet også er basisk, med ca. 20 % kalkingseffekt (kilde Adam O'Toole, NIBIO).

⁴⁹ <https://www.enova.no/bedrift/biogass-og-biodrivstoff/>

NMSK (tilskudd til nærings- og miljøtiltak i skog)

Tildeles av kommunene etter forskrift om tilskudd til nærings- og miljøtiltak i skogbruket⁵⁰. Spesielt forskriftens § 8 er relevant for biokullproduksjon. Det kan gis tilskudd til utdrift av skogsvirke som kan brukes til energiproduksjon, slik som heltrevirke, hogstavfall, GROT, rundtømmer fra førstegangstynning, løvtrehogst og kulturlandskapspleie og kantvegetasjonspleie. Støtte gis ved leveransekontrakt for det utdrive virket, med mindre skogeieren selv skal bruke det til energiproduksjon. Uttak av skogsvirke til vedproduksjon blir ikke støttet.

Regionalt miljøtilskudd i jordbruket (RMP)

De regionale miljøtilskuddene til jordbruket deles ut av Statsforvalteren til søkere etter en regional prioritering av tiltak. I Vestland er ikke biokull nevnt som et prioritert tiltak, men det gis tilskudd til å gjødsle på gunstige tider på året, eller at husdyrgjødsel spres ved slepeslange, nedfelling eller nedlegging. Dette er ordninger som øker gjødslingseffekten, motvirker utslipp til luft, reduserer jordpakking og hindrer forurensning til vann og påvirkning av elvemusling. Det er kommet innspill fra Statsforvalteren i Vestland til FØNIKS, at biokull kan vurderes også i de regionale prioriteringene til Statsforvalteren i Vestland etter en godkjenning av Landbruksdirektoratet (e-post Statsforvalteren i Vestland, 05.10.21). Statsforvalteren har gitt utrednings- og tilretteleggingsmidler til et karbonfangstprosjekt i Voss kommune i 2019 (ibid).

Miljødirektoratet

Enkelte av Miljødirektoratet sine tilskuddsordninger for 2021⁵¹ er også relevante for bruk og produksjon av biokull. Dette gjelder særlig Klimasats-midlene⁵², som er en tilskuddsordning for å fremme prosjekter som reduserer klimagassutslipp og bidrar til omstilling til lavutslippssamfunnet både for og i kommunene. Vi søkte på arkivsidene til Klimasats⁵³, med søkeordene *biokull* og *biokol*, og det var per 01.09.21, gitt 15 793 mill. kr i støtte over Klimasats ordningen til 11 ulike pyrolyse- og biokullprosjekter landet rundt (se tabell 18). Mesteparten av midlene har gått til to kommuner, Stavanger kommune (10 020 mill. kr) og Sandes kommune (3 760 mill. kr).

⁵⁰ <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-02-04-447>

⁵¹ <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/tilskotsordningar-for-2021/id2783245/>

⁵² <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-10-26-1771>

⁵³ <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klimasats/klimasatsprosjekter/>

Tabell 18. Oversikt over biokullprosjekter støttet av Klimasats-midler per 01.09.2021

Prosjekttittel	Kort omtale	Søker	Tilskudd	År
<i>Pyrolyseanlegg Rygg miljøpark</i>	Pyrolyseanlegg for biokull, basert på hage- park og skogsavfall	Tønsberg kommune	300 000	2021
<i>Mulighetsstudie for bygging av et biogassanlegg</i>	Kombinasjon av biogass og pyrolyse/biokullanlegg, basert på husdyrgjødsel og organisk avfall (slam, mat og slakteriavfall), biokull fra returtrevirke, tørket avløpsslam, sikterest, halm, skogsflis og grønt avfall)	Indre Østfold kommune	350 000	2020
<i>Biofyringsanlegg – Sørå Bråde</i>	Biokullproduksjon der overskuddsvarme skal leveres på nærvarmenett	Stavanger kommune	9 530 000	2020
<i>Produksjon av biokull</i>	Fra pilotanlegg til fullskalaanlegg, Biokull fra park og hageavfall, erstatte torv i urban beplantning.	Sandnes kommune	3 060 000	2020
<i>Bruk og produksjon av biokol på gardsskala</i>	Enkel teknologi (Kon-Tiki) for produksjon av biokull i gårdsdrift, hageavfall.	Aurland kommune	193 000	2020
<i>Klimakompost – biokol som tilsetjing i kompost</i>	Forprosjekt for innblanding av biokull i kompost fra SIMAS IKS	Aurland kommune	150 000	2020
<i>Humus- og karbonbindingsprosjekt Buskerud 2020</i>	Tiltak for karbonbinding i matjord, mål om 1 % økning i moldinnhold hos 19 bønder	Krødsherad kommune	300 000	2020
<i>Produksjon og bruk av biokol</i>	Pyrolyseanlegg for produksjon av biokull fra plantemateriale og slam	Flora kommune	720 000	2019
<i>Lokal produksjon av biokull og bioenergi</i>	Pilotanlegg med biokullproduksjon i container, park og hageavfall	Sandnes kommune	700 000	2017
<i>Klimanøytral grønn fjernvarme</i>	Forprosjekt om klimanøytral fjernvarme, erstatte naturgass med biokull og flis	Stavanger kommune	250 000	2016
<i>Lokal produksjon og anvendelse av biokull</i>	Forprosjekt, karbonbinding og lokal produksjon og bruk av biokull	Stavanger kommune	240 000	2016
TOTALT			15 793 000 kr	

Det er tre prosjekt i Vestland fylke, som har fått støtte til biokullproduksjon. Aurland kommune fikk tildelt 193 000 kr til prosjektet *Bruk og produksjon av biokol på gardsskala*, og 150 000 kr til prosjektet *Klimakompost – biokol som tilsetjing i kompost* i 2020, der SIMAS er en av samarbeidspartnerne. Flora kommune har også fått 720 000 kr i støtte til prosjektet *Produksjon og bruk av biokol* i 2019.

Miljødirektoratet si ordning om tilskudd til klimatilpasningstiltak kan kanskje også være relevant for kommunal sektor, til prosjekter for å øke kunnskap om hvordan biokull kan brukes lokalt av

kommuner og fylkeskommuner som klimatilpassingstiltak (binder vann i jord ved tørke og ved økt nedbør). Det gis ikke støtte til konkrete gjennomføringer av tiltak (som t.d. bruk av biokull). Vi fikk ingen treff på søkeordene *biokull* og *biokol* når vi søkte i prosjektarkivet for ordningen⁵⁴ 01.09.21.

6.6. Regelverk som regulerer biokullproduksjon fra ulike råstoff

Flere ulike regelverk som håndheves av Statsforvalteren, Miljødirektoratet og Mattilsynet som vil regulere produksjonen av biokull fra rent og urent råstoff, samt som vil regulere hvordan biokullet kan anvendes av brukere og kunder. SIMAS er godt kjent med forurensningsregelverket som regulerer avfallsselskapers kjerneaktivitet og kontroll/regulering av innholdet av forurensinger i kompostprodukter, så vi gjør ikke en komplett gjennomgang av regelverket, men nevner noen nye endringer som er på vei og noen erfaringer vi har fått gjennom FØNIKS-prosjektet. Mange informanter og verdikjedeaktører nevner spesifikt behov for regelverksendringer som en viktig premiss for utvikling av verdikjeder for biokull framover (vedlegg 1 og 2).

Mattilsynet sitt regelverk skal sikre at fôr- og gjødselvarer er trygge å bruke. Aktuelt regelverk som regulerer bruk av biokull til fôrvare er Matloven, Gjødselvarereforskrifta. Forskrift om animaliebiprodukter, forskrift om fôrvarer, forskrift om merking og omsetning av fôrvarer, forskrift om tilsetningsstoffer til bruk i fôrvarer, økologiforskriften m.m. Kravet til bruk av biokull som fôrvare er at produktet skal være produsert av vegetabilsk karbon (altså ikke stamme fra f.eks. slakteriavfall). Råvarer, fremstillingsmetode og innholdet av uønskede stoffer vil avgjøre om biokull kan være egnet som fôrvare (muntlig presentasjon Mattilsynet, 09.06.20).

Biokull brukt som gjødselvarer vil være regulert av gjødselvarereforskriften⁵⁵ som stiller krav om innhold av tungmetall, organiske miljøgifter (plantevernmidler m.m.), hygienisering, stabilisering, spiredyktige frø, plast, glass og andre fremmedlegemer, krav til råvare (fortynning) og krav til jordblandinger. Opphavsmaterialet som kan inngå til gjødsel etter gjødselvarereforskriftens vedlegg 4 er, omfatter følgende: næringsmiddelavfall, slakteriavfall, konserver avfall, potetindustriavfall, husdyrgjødsel, annet landbruksavfall, matavfall fra husholdninger, husholdningsavfall, fiskeoppdrettsavfall, fiskeriavfall, treforedlingsavfall, annet industrislam/-avfall, hage-/parkavfall, avløpsslam, vannverksslam og blandingsavfall. Av de råstoffene vi har sett på i denne studien, er det bare blandet trevirke, som ikke vil være et aktuelt

⁵⁴<https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/klimatilpasning/prosjektarkiv/?so=asc&sc=title>

⁵⁵ <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951>

råstoff dersom biokullet skal brukes som gjødselprodukt. Mattilsynet anser biokull fra avløpsslam som avløpsslam inntil de har mer kunnskap om dette (muntlig presentasjon Mattilsynet, 09.06.20). Det vil være unntak fra gjødselvareregelverket for biokullprodukt som brukes til FoU, avgrenset forsøk/utprøving av produkt og dyrkingsmedium og jordforbedringsmiddel opp til 2 m³ til egen bruk i hager osv. (muntlig presentasjon Mattilsynet, 09.06.20).

EU har satt biokull på positivlista som gjødselvarer i økologisk produksjon fra 2019, men denne endringen er ikke enda rettskraftig i Norge. Krav til kvalitet i biokullet for bruk i *økologisk jordbruk* vil omfatte grenseverdier for innhold av organiske miljøgifter og tungmetall, og biomassen som skal brukes til biokullproduksjon må heller ikke inneholde plantevernmidler (muntlig presentasjon Mattilsynet, 09.06.20).

Regelverk som Miljødirektoratet er myndighet over og som vil være aktuelt for biokullproduksjon ved pyrolyse, er f.eks. forurensningsloven, forurensningsforskriften kap. 27⁵⁶, avfallsforskriften kap. 10⁵⁷ og lokale forskrifter som regulerer åpen forbrenning (dersom pyrolyseovnen f.eks. er en batch-ovn som brenner åpent i luft og som reguleres manuelt). Det er gitt unntak i avfallsforskriften § 10-2 for anlegg som brenner rent trevirke og biologisk avfall fra jord og skogbruk. Forurensningsforskriften kap. 27 gjelder for forbrenningsanlegg for å rense brensel (fossile kilder eller biologisk avfall fra jord- og skogbruk), dette regelverket gjelder for anlegg som har nominell tilført termisk effekt fra 1-50 MW.

Åpen brenning i f.eks. batch-pyrolyseovner er regulert ved lokale forskrifter kommunene, som gjør det ulovlig å brenne både biologisk og annet avfall på åpne bål, bålpanner, småovner o.l. om dette ikke er til matlaging, grilling, bråtebrenning i landbruket, sankthansbål eller til kunst- og håndverksaktiviteter. Her vil det være variasjoner fra kommune til kommune. Til sist vil anlegg som brenner gjenvunnet, rent treavfall og avfall fra jord- og skogbruk også kunne drifte etter egen utsleppstillatelse, jf. forurensningsloven⁵⁸ §§ 7, 11 og 16, der det blir satt spesifikke krav til kvalitetskontroll av brenselet, utslipp, prøvetaking osv., men med strengere krav enn forurensningsforskriften kap. 27.

Vi tar med her at Miljødirektoratet har sendt et forslag til endringer i *avfallsforskriften kap 10a*⁵⁹ ut på høring i 2021. Endringene i regelverket skal i større grad stimulere til sirkulær økonomi, med mellom annet gjennom høyere mål for materialgjenvinning, krav til separat innsamling av

⁵⁶ https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_8-4#§27-1

⁵⁷ https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930/KAPITTEL_10

⁵⁸ https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6/KAPITTEL_3

⁵⁹ [Forskriftsforslag utsortering.pdf](#)

flere avfallstyper og krav om at slikt separat innsamlet avfall ikke skal forbrennes. Målet er at materialgjenvinningen for bioavfall skal økes fra 47 prosent i dag til 71 prosent i 2035.

Regjeringen har også bedt Miljødirektoratet utarbeide en plan for utfasing av bruk av torv til private forbrukere innen 2025 og til proffmarkedet innen 2030⁶⁰, og en utredning gjort på vegne av Miljødirektoratet viser at biokull sammen med biorest og kompost, kan være et av mange egnede erstatningsprodukt⁶¹. Torv er å regne som fossiljord, fordi den hentes ut fra myrer der torven er dannet over mange tusen år. Myrer og torv er viktige naturlige karbonlager, slik at redusert uttak av torv, vil både redusere klimagassutslipp og være bra for bevaring av myrhabitater. Det er ikke torvuttak i Sogn eller i Vestland fylke, men totalt ble det tatt ut 98 000 tonn i 2014⁶² og av dette ble 176.000 m³ torv solgt til privatmarkedet i Norge⁶³.

6.7. Drivere og barrierer for verdikjedesamarbeid om biokullproduksjon

6.7.1. Innspill fra workshop I

Workshop I *“Biokol frå bioavfall – nye moglegheiter for verdiskaping og klimatiltak i landbruket og bygg- og anleggsnæringa”* ble arrangert digitalt 26. mars 2021. Det var til sammen 31 deltakere på workshopen, med representanter fra reiselivet, landbruksnæringen, næringsmiddelindustrien, landbruksorganisasjoner, kommuner, Statsforvalteren, Mattilsynet, konsultentselskap, forskere, veidriftsselskap, teknologiutviklere og interkommunale avfallsselskap. Innspillene er systematisert sammen med andre innspill fra workshop II, studietur og andre møter, etter fig. 15 i kap. 6.7.5., og gjengitt i vedlegg 1 (landbruk) og 2 (andre sektorer).

Det kom særlig inn innspill fra matbasert reiseliv og landbruk. De matbaserte reiselivsaktørene så på visualisering av karbonkretsløp og sirkulær ressursutnyttelse, som et fortrinn for markedsføring av bærekraftig reiseliv ovenfor sine gjester. Reiselivsaktørene som deltok i workshop I, satser på lokal mat, selvdyrking av mat/urter fra egen hage m.m. og ønsker å spre informasjon om biokull og visualisere klimagassreduksjon gjennom utdeling av biokull til gjester. Landbruksaktørene var opptatt av at kvaliteten til råstoffet som brukes og biokullet må være godt dokumentert gjennom testing, standardisering og kontroll, slik at matjorden ikke forringes. Det

⁶⁰ <https://www.regjeringen.no/contentassets/1b54b01e9382433d800d3f2184e93a4b/utfasing-av-uttak-og-bruk-av-torv-l631781.pdf>

⁶¹ <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1674/m1674.pdf>

⁶² https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2014/Mineralressurser_2013.pdf

⁶³ <https://www.framtiden.no/rapporter-forbruk/752-fossil-jord/file.html>

er spesielt forurensninger som tungmetaller og organiske miljøgifter landbruket er redd biokullet kan ha med seg. De er også opptatt av at jordforbedringsmiddel de kjøper inn og bruker skal ha både kortsiktig og langsiktig effekt, og ønsker bedre dokumentasjon på dyrkingseffekter både på kort og lang sikt. Skal landbruket bruke biokull som et klimatiltak uten noen beviselig effekt på avling, mener landbruksaktørene at de må få tilskudd til klimainnsatsen, at det gis klimakompensasjon og klimakreditt til bøndene. Kostnad er en viktig begrensende barriere for å bruke biokull som trekkes opp av deltakerne. Det er viktig at prisen på biokull avstemmes mot andre alternativer som f.eks. torvprodukter og ren kompost.

6.7.2. Innspill fra workshop II

Workshop II ble holdt i Sogndal 21. september. Det var 32 deltakere på workshopen fra næringslivet (teknologiprodusenter, avfallsselskap, veidriftselskap, gründere, konsulentselskap), FoU-aktører og offentlig sektor (Mattilsynet, Statsforvalteren i Vestland, Vestland fylkeskommune, kommuner). Workshopen var lagt opp slik at flere ulike teknologibedrifter og interkommunale avfallsselskap fikk presentere sine planer og aktiviteter for håndtering av biologisk avfall og produksjon av biogass, bioenergi eller biokull. Gruppearbeidet gjennomførte vi som en kafédialog, med en fast kafévert på hver gruppe. De andre deltakerne ble delt inn i tre grupper, som fikk 20 min per kafébord til å komme med innspill. Vi brukte store ark og post-it lapper som alle kunne skrive sine innspill på. Kafévertene strukturerte innspillene i ulike kategorier ved hjelp av deltakerne.

Tema for de ulike gruppearbeidene var: **Kafébord 1:** *Korleis kan vi skape synergier gjennom betre verdikjedesamarbeid om bioavfallet i regionen?* **Kafébord 2:** *Kva gjer vi med det ureine bioavfallet? (t.d. returtreverk, sikterester, kloakk/fiskeslam) Kan vi håndtere dette regionalt og gje bioenergi/biogass/biokol som kan nyttast i andre sektorar enn landbruket?* **Kafébord 3:** *Korleis kan incentivordningar, innkjøpsregelverk og regelverk endrast for å fremje bruk av biokol i landbruks- og vei/anleggssektoren?* Alle innspill er systematisert sammen med andre innspill fra workshop I, studietur og andre møter, etter fig. 15 i kap. 6.7.5., og gjengitt i vedlegg 1 (landbruk) og 2 (andre sektorer).

Viktige innspill som kom fra deltakerne i workshop II var ønsket om bedre støtteordninger for bruk av biokull for å få opp etterspørselen og stimulere markedssiden av verdikjeden. Det kom forslag om at regelverket bør klargjøres og samordnes mellom Mattilsynet og Miljødirektoratet ved bruk av avfall som ressurs, og kravene som stilles til utslipp fra produksjon og kvalitetskrav i produkt med hensyn til innhold av fremmedstoffer og forurensning. Det kom opp forslag om å øke

kompetansen hos eksisterende eller utvikle nye rådgivingstjenester for landbrukssektoren om bioenergi, biogass og biokull, for å fremme utnyttelsen av landbruksavfall i bioøkonomien. Deltakerne i workshopen ønsker seg en regional bank og børs nettside, med oversikt over tilgjengelig biomasse, bioressurser og eksisterende og planlagt produksjon av biogass/bioenergi/biokull i regionen. Deltakerne ønsker seg biokullnettverk og at erfaringer og kompetanse deles mellom aktørene og regionen i større grad, og at samspillet mellom FoU og næringslivet styrkes innen bioøkonomien. Det er flere næringsaktører i fylket som utvikler lovende teknologi som kan brukes til utnyttelse og verdiskaping av biologisk avfall. Det er derfor viktig at nærings- og klima- og forskningspolitiske virkemidler fanger opp både teknologi og produksjonssiden av biokullverdikjeden, i tillegg til kunde/markedssiden.

6.7.3. Innspill fra spørreundersøkelse

Utover innspill fra verdikjedeaktører som kom inn under workshop I og II, gjennomførte vi også en avgrenset, enkel spørreundersøkelse. Den ble delt ut til deltakerne i workshop II og sendt per e-post til deltakere fra workshop I og andre aktuelle kontakter i regionen. Bare syv informanter svarte på undersøkelsen og næringslivsaktører som var representert i dette begrensede utvalget er: et slakteri, to bønder, to avfallsselskap og to teknologileverandører. Alle resultatene er gjengitt i vedlegg 3.

Ut av det begrensede utvalget, ser vi at to gårdbrukere skriver at deres behov for jordforbedringsmiddel per år er ca. 1,5 tonn kunstgjødsel, noe som gir en indikasjon om hvilke mengder aktivisert biokull (biokull beriket med plantenæringsstoffer fra kompost eller gjødsel) det vil være behov for ved bruk på landbruksjord. Kunnskapen om biokull, bioenergi og biogass er jevnt over på et middels nivå, noen har mye kunnskap og noen har liten. Dette underbygger behovet for å øke kunnskap og kompetanse om bærekraftig utnyttelse av biologisk avfall i landbrukssektoren. Flere bønder må få mer kunnskap om hvordan man kan redusere behovet for innkjøp av gjødselprodukter og energi, dersom man produserer bioenergi/biogass eller biokull fra landbruksavfallet, noe som vil påvirke både den grønne (miljø) og blå (økonomiske) bunnlinja til gårdbrukerne. Undersøkelsen gir også indikasjoner om hva som må på plass for å utvikle lokale verdikjeder rundt bioavfall, som bedre innsamling og transport av avfall og offentlig støtte til klimatiltak i jordbrukssektoren.

6.7.4. Erfaringer og innspill fra studietur

FØNIKS arrangerte 2.-3. september 2021 studietur til Oplandske bioenergis nyåpna biokullanlegg på Rudshøgda i Opland. Totalt 10 personer deltok på studieturen, og alle prosjektpartnerorganisasjoner var representert. Den første dagen holdt Einar Styve fra OBIO innlegg for oss om prosessen med utviklingen og oppstarten av det nye biokullanlegget, etterfulgt av en grundig omvisning på anlegget.

Informasjon fra Oplandske bioenergi (OBIO) sitt biokullanlegg på Rudshøgda (dag 1)

Oplandske bioenergi (OBIO) startet med biovarme/fjernvarmeanlegg, og har nå totalt 24 anlegg rundt Mjøstraktene. Tre av fjernvarmeanleggene har konsesjon, og OBIO har eget distribusjonsnett. Det nye biokullanlegget deres hadde en *investeringskostnad* på 22 mill. kr i 2019, med offentlig investeringsstøtte fra ENOVA + grønne vekstmidler fra fylkeskommunen, privat kapital gjennom Mjøsen Skog (skogeiere) og grønn finansiering fra DNB. *Byggematerialer* som er brukt til anlegget er stål/aluminiumsplater og bygget har seks rom – et mottaksrom for flis/bioavfall med trakt/sikt/oppmaler, et rom med transportbånd, et tørkerom, en lagersilo for tørr flis og et pyrolyserom med brennkammer i tillegg til et pakkerom der biokullet blir pakket i storsekker.



Figur 14: Biomacon pyrolyseovnen til OBIO og pakkerommet der biokull pakkes i storsekker (Foto: Torunn Hønsi)

Pyrolyseteknologien som er valgt, er en ovn fra BIOMACON. *Råstoffet* de bruker til biokullproduksjon er ren treflis, fra skogshogst. De betaler for flisa og har lager av treflis, som tørkes før den går inn i pyrolyseovnen. 12 000 m³ treflis omsettes hvert år til 1 900 m³ eller 400 tonn biokull. *Alternative råstoff* OBIO har testet ut er GROT, og de kan bruke sagflis, eller rå bjørkeflis. De vil gjerne brenne møkk og sagflis fra slaktebilene og slakterifjøset til Nortura, men forurensningsregelverket stopper dette per i dag, selv om det er innenfor biproduktforskriften til Mattilsynet. For å få tillatelse til å brenne forurenset treflis - må de dokumentere at dette råstoffet brenner like rent som naturgass, siden de ikke har renseanlegg på utslipp til luft. *Produksjonen av overskuddsvarme* fra biokullanlegget er 3,6 GWh, med en effekt på 450 kW, noe som er 20 % av energien fra råstoffet. 40 % av energien anlegget produserer går til å drifte prosessen/tørke råstoff osv., mens 40 % av energien er bundet opp i biokullet, sammen med 50 % av karbonet fra råstoffet. Overskuddsvarmen selges som damp og fjernvarme til Nortura som er nærmeste nabo på industrifeltet. Det er viktig å sikre at nye anlegg etableres der overskuddsvarmen fra pyrolyseprosessen kan utnyttes som fjernvarme og damp. Dette virker inn på miljø- og klimafotavtrykket til prosessen/biokullet og driftsøkonomien til anlegget. Ved å inngå avtaler med større kunder på fjernvarmelevering på forhånd, kan man også øke fortjenesten på anlegget. *Markedet for biokull* er fremdeles umodent, OBIO selger bare 30 % av biokullet de produserer i dag, og har lager av biokull i storsekker ved anlegget sitt. Prisen OBIO tar for biokullet sitt er 2900 kr per m³. *Sertifisering av biokull* er viktig for å sikre kvalitet og som dokumentasjon for klimakvotehandling. OBIO har fått EBC sertifisering (European biochar certificate). Det er viktig å sjekke regelverket i slike sertifiseringsordninger før man bygger nye biokullanlegg. *Karbonbinding i biokullet* som produseres til anlegget ved OBIO er på 3,1 CO₂ ekvivalenter per tonn biokull. Karbonbinding i biokull vil avhenge av råstoff og prosess. Klimakvotesalg kan også gi vesentlig bedre økonomi til et biokullanlegg. Biokullet kan selges gjennom f.eks. PuroEarth (119 euro per tonn CO₂ bundet, eller ca. 5-600 kr/m³). Men, biokullproduktet kan også selges til et egnet formål som ikke brenner CO₂ ut i luften igjen, men lagrer karbonet ved bruk som jordforbedring/lagring i jord, tilsatt i betong/bygningsmaterialer m.m. *Nye markeder* OBIO vil inn på er først og fremst dyrefôr-markedet. OBIO refererer til positive FoU-resultater på tilsatt av biokull i dyrefôr, som viser mindre utslipp av lystgass (N₂O), bedre fordøyelse for dyra, og mindre metanutslipp fra grisefjøser. Tilsatt av Zn i dyrefôr blir snart forbudt og da kan biokull være et bra substitutt. Kuer kan få inntil 400 g biokull pr. melkeku pr. dag. De har også prøvd ut å blande biokull med husdyrgjødsel, 1-2 m³ biokull med 100 m³ bløtmøkk. Målet er å lade biokullet med næringsstoffer som forhåpentligvis reduserer tap av nitrogen i form av ammoniakk til luft. Dersom torv forbyr i Norge, kan ladet biokull være en ingrediens som brukes i torvfrie hagejordprodukter. OBIO opplyser at biokull blandet med sikterest fra biogassanlegg kan gi

mindre tap og utslipp av ammoniakk (NH_3) til luft. De forteller også at biokull kan brukes i byggebransjen, som tilsetningsmiddel i betong, for å øke klimafotavtrykket til betong. Forsøk har vist at man kan tilsette opptil 90 kg biokull i 1 m³ betong.

Workshop om bruk av biokull i landbruket (dag 2)

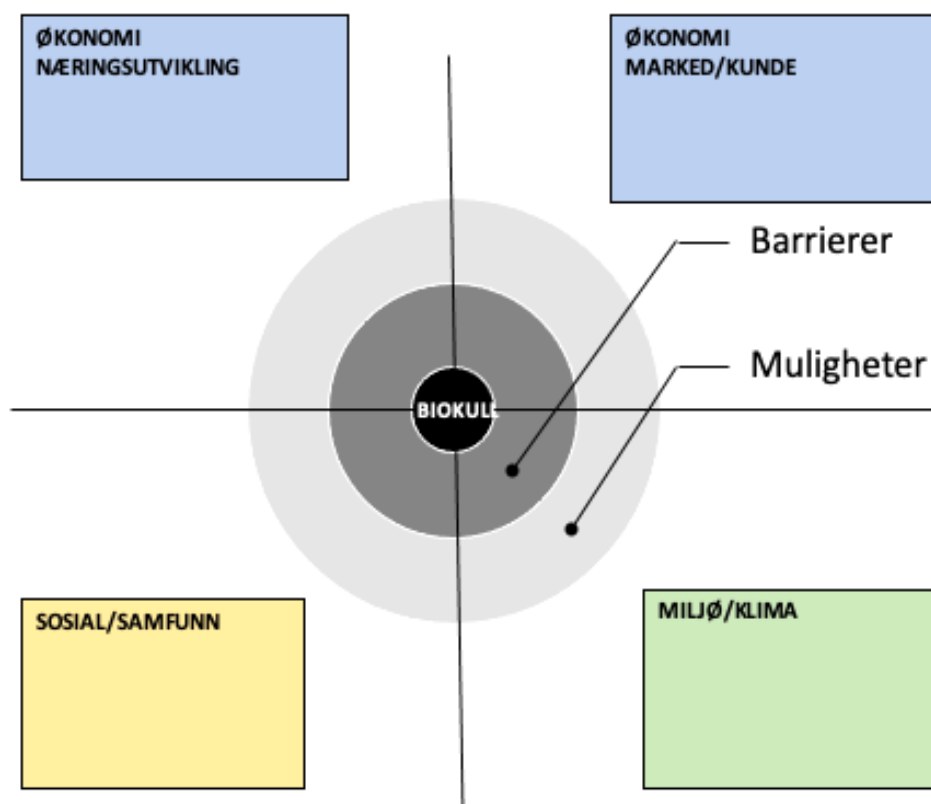
Innleder til gruppearbeidet var Thomas Cottis, høyskolelektor i landbruk og klimakunnskap ved Høgskolen i Innlandet, tilknyttet Institutt for landbruksfag.

Cottis la vekt på at biokull har liten gjødseleffekt på avling alene, så det må lades og blandes med N/P-holdig gjødsel. HIAS har sett at sikterest blandet med biokull er et bra blandingsprodukt, siden ammoniakktapet fra sikteresten reduseres. Forskning viser at man kan få 10 % reduksjon av metanutslipp (CH_4) fra gris med 0,8 % tørrstoff biokull blandet inn i foret, og et tonn metan tilsvarer 28 tonn CO_2 omregnet i globalt warming potential (GWP). Grisene fikk da 80 g biokull pr. dag. Cottis tipser SIMAS, om at de bør ha et høyere mål for verdiskaping enn å gjøre store investeringer i biokullanlegg, bare for å øke verdien på komposten de alt produserer. Klimaregnskapet til FNs klimapanel teller ikke med biokull sin klimaeffekt enda, men dette kommer kanskje på plass om noen år. Norsk landbruksrådgivning ser på forskjellige tiltak for å hindre tap av N fra gjødselskjellere, og at biokull blandet inn i gjødselskjellere kan være svaret. Cottis nevner at det er vanskelig å få finansiert felttutting/feltforsøk i Norge, pga. novelty-krav hos NFR. Reproduserende forskning, der man henter kunnskap fra utlandet og tester den ut i Norge, har ikke høy nok nyhetsverdi for Forskningsrådet, selv om impact og nytteverdi kan være stor. Skal nye markeder åpne seg for biokull i Norge, må vi dokumentere klimaeffekten og andre nytteeffekter biokull har for landbruket og andre næringer, og da må det være finansieringsordninger som støtter slike forsøk.

6.7.5. Systematisering av barrierer og muligheter for etablering av verdikjede for biokull i regionen

Vi har utviklet og benyttet et rammeverk (figur 15) inspirert av Bocken, et al (2013) for å systematisere og kategorisere alle innspill vi har fått fra verdikjedeaktører i workshop I, workshop II, studietur og prosjektmøter i en eventuell biokullverdikjede. Dette rammeverket henter også inn prinsipper for bærekraftig utvikling og teorier for sirkulær økonomi, gjennom å vurdere innspillene etter om de er knyttet til økonomiske (blå farge), samfunnsmessige/sosiale (gul farge) eller miljømessige forhold (grønn farge). Vi har slått sammen ulike verdikategorier

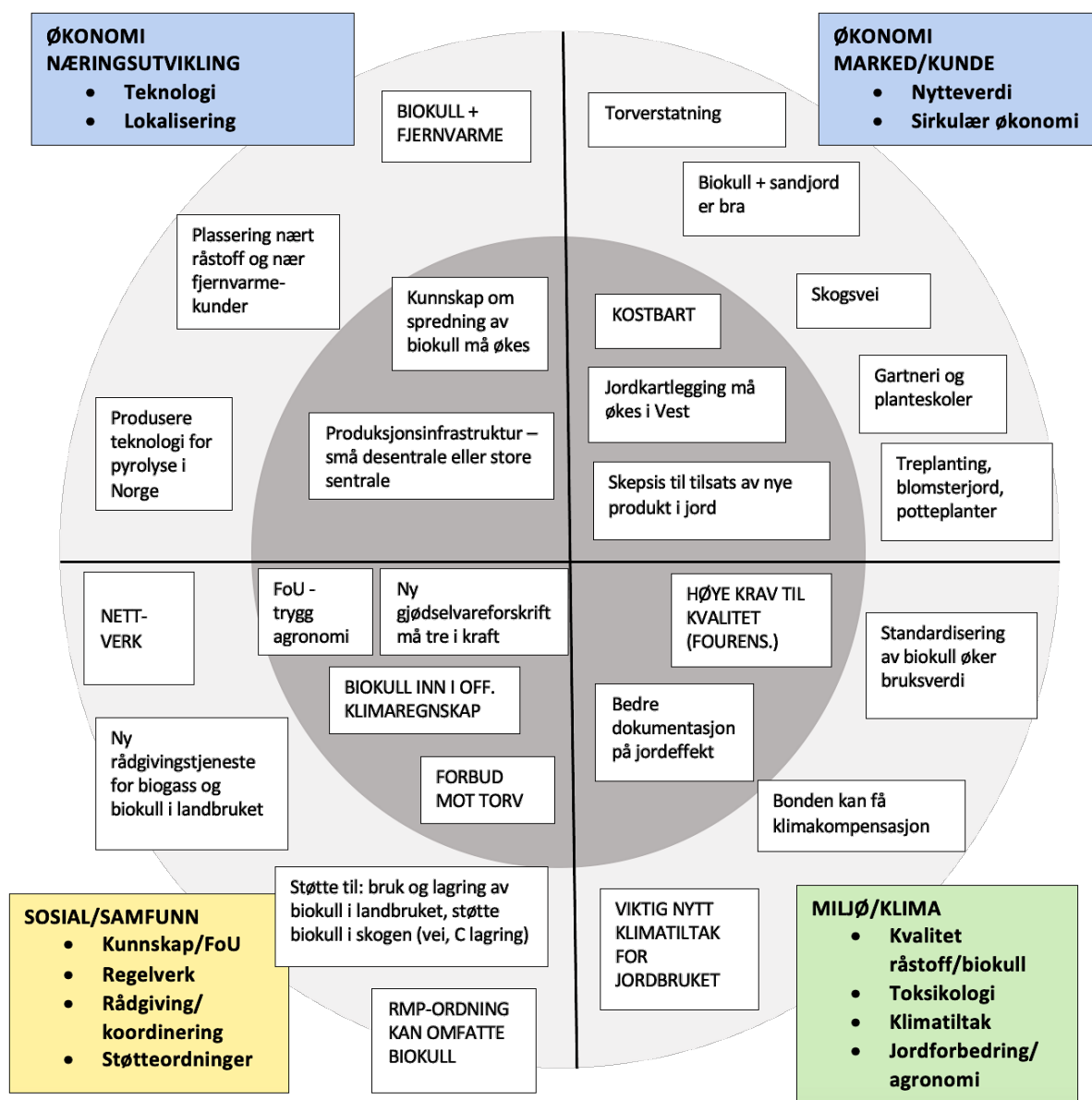
som Bocken et al 2013 bruker, og redusert det ned til to kategorier: muligheter eller barrierer/hindringer for verdikjedeutvikling av biokull.



Figur 15: Rammeverket vi har brukt for å systematisere innspill fra verdikjedeaktører fra to workshoper, en studietur med gruppearbeid, m.m. Rammeverket er inspirert av Bocken, et. al. 2013, og deres «value mapping tool».

Landbrukssektoren

Utfylt analyseskjema for landbruksektoren er gitt i figur 16 nedenfor. Innspillene er også skrevet ut samlet, som generelle muligheter og barrierer for bruk av biokull i landbruket i teksten under figuren. Alle innspill som er samlet inn knyttet til landbrukssektoren i FØNIKS er gjengitt i tabellen i vedlegg 1.



Figur 16: Viser muligheter og barrierer for bruk av biokull i landbrukssektoren (lys sirkel er muligheter, mørk sirkel er barrierer for hver av underkategoriene, næring, miljø og sosial/samfunn)

Noen viktige muligheter for landbruket som FØNIKS har pekt på er:

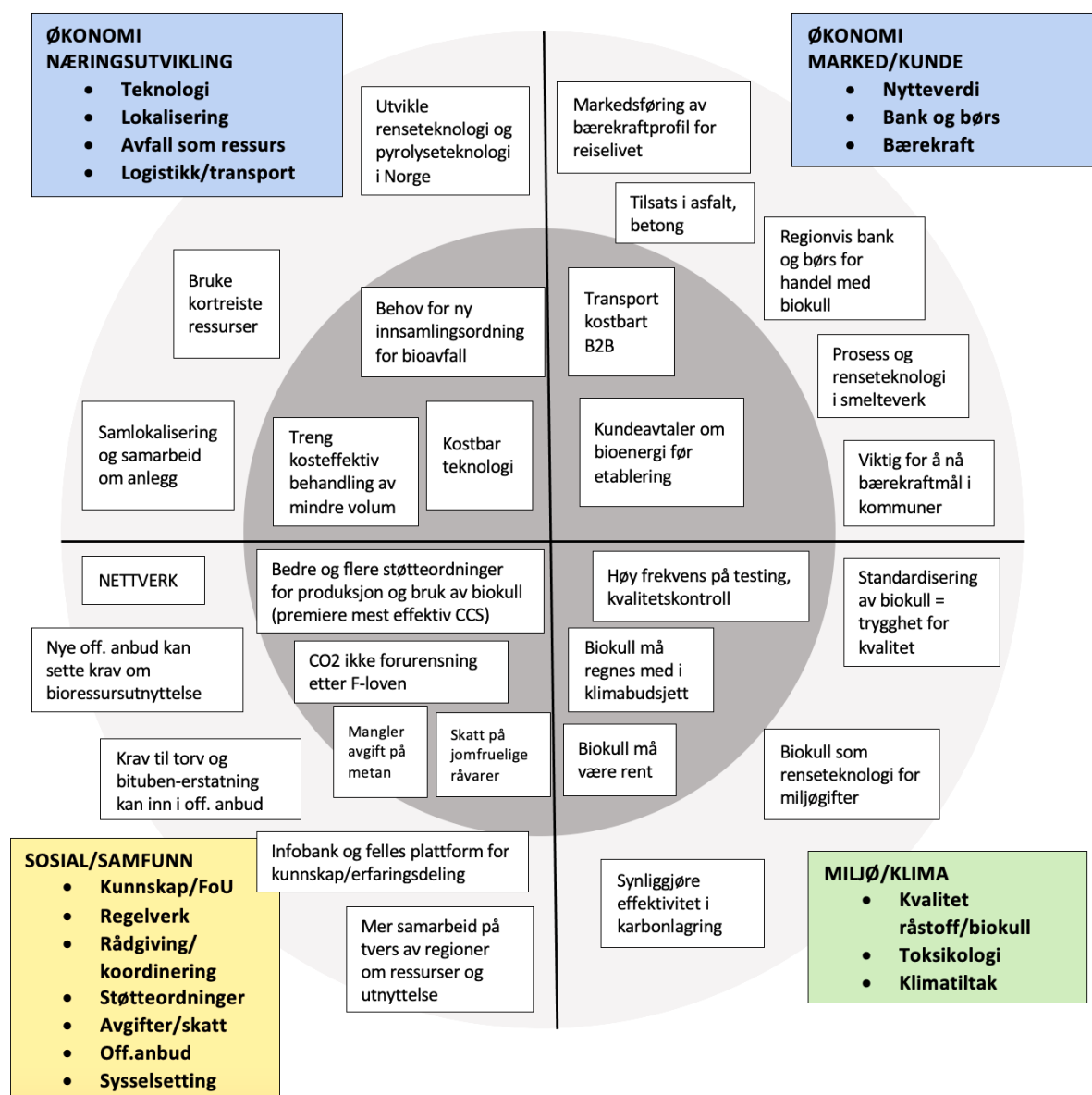
- Biokull blandet med kompost kan erstatte torvprodukter
- Biokull kan brukes til:
 - Øke karbonbinding i skog, og brukes i skogsveibygging
 - Jordforbedringsmiddel og torverstatning i gartneri og planteskoler
 - Jordforbedringsmiddel til treplanting, blomsterjord og potteplanter
- Standardisering av biokullprodukter vil øke bruksverdien

- Biokull er et viktig, nytt klimatiltak i jordbruket, og bønder kan få klimakompensasjon for bruk av biokull
- Støtteordninger for bruk og lagring av biokull i landbruket kan redusere kostnader og stimulere til økt bruk av biokull, f.eks.:
 - Støtte til tiltak for økt dyrevelferd, bedre ernæring og dyrehelse, som gir mindre utslipp av klimagassen metan.
 - Støtte til oppgradering av egen husdyrgjødsel med biokull, gjennom å tilsette biokull i fôret, eller til innblanding i gjødselkjeller.
 - Støtte tiltak for bevaring av biologisk mangfold, utryddingstiltak for fremmede plantearter. Skadelige mikroorganismer og spiredyktige frø vil uskadeliggjøres i pyrolyseprosessen.
 - Støtteordninger for å ta i bruk torverstatning på planteskoler, private hager og hagelag.
- Fjernvarme fra pyrolysen kan erstatte andre energikilder til oppvarming og utnyttelse til f.eks. foredling av landbruksråvarer eller til drivhusproduksjon.

Viktige barrierer for landbruket som FØNIKS har pekt på er:

- Biokull er kostbart – ren kompost og torvprodukter er billigere
- Det er skepsis rundt tilsats av nye produkt til jord – bøndene trenger FoU for trygg agronomi og dokumentasjon om avlingseffekt.
- Det er skepsis også rundt kvalitet og forurensninger i biokullet – trenger mer dokumentasjon på renhet/kvalitetsgrad.
- Bøndene trenger mer kunnskap om spredning, bruk, jordeffekt og klimaeffekt
- Produksjonsinfrastrukturen for biokull må bli bedre – vanskelig å få tak i per i dag.
- Biokull regnes ikke som klimatiltak i FNs klimapanel – offentlige klimaregnskap ennå.
- Jordkartlegging må økes slik at karbonfattige arealer identifiseres, der biokull kan være viktig både som klimatiltak og klimatilpasningstiltak.
- Regelverket som regulerer produksjon og bruk av biokull må endres og harmoniseres og ny gjødselvereforskrift må tre i kraft.

Utfylt analyseskjema for andre sektorer er gitt i figur 17 nedenfor. Innspillene er også skrevet, som muligheter og barrierer for produksjon og bruk av biokull i andre sektorer, i brødteksten under figuren. Alle innspill fra andre sektorer samlet inn i FØNIKS, er gjengitt i vedlegg 2.



Viktige muligheter for andre sektorer som FØNIKS har pekt på er:

- Utvikling av renseteknologi, tørketeknologi og pyrolyseteknologi kan bli viktig for norsk næringsliv.

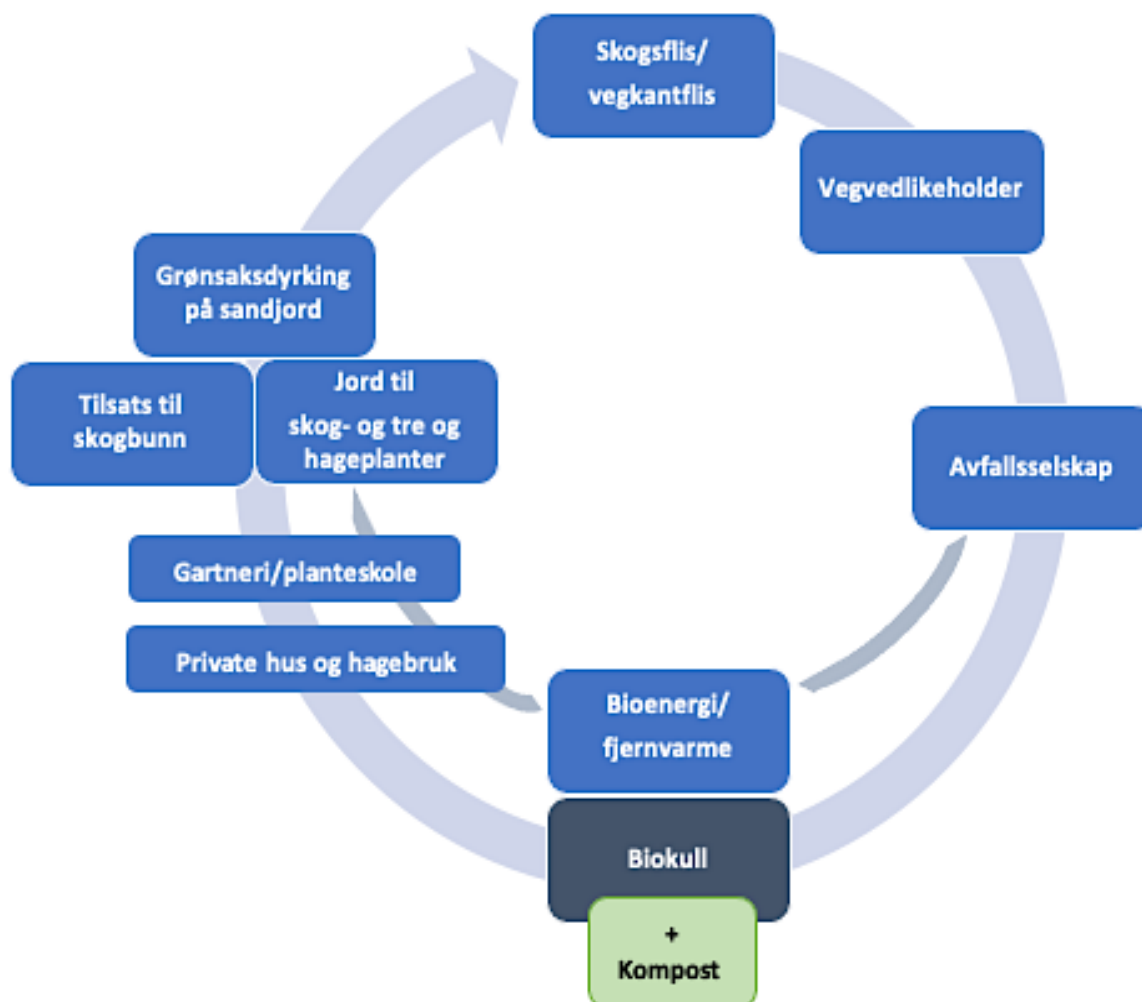
- Bruker kortreiste ressurser til klimatiltak og biokullproduksjon – viktig med samlokalisering av anlegg for innsamling, forbehandling og behandling av biologisk avfall.
- Nye offentlige anbud bør stille krav til bedre utnyttelse av bioressurser/bioavfall og stille krav til erstatning av miljø/klimabelastende alternativer som f.eks. bruk av torv som plantesubstrat og bituben i asfalt.
- Biokull kan benyttes til:
 - jordforbedringsmiddel – torverstatning.
 - klimatiltak.
 - tilsats i betong og asfalt.
 - prosess- og renseteknologi i smelteverkindustrien.
 - renseteknologi for miljøgifter for deponi og remedierteing av forurenset grunn.
 - å nå mål om klimagassreduksjon og bærekraftsmål i kommuner.
 - synliggjøre bærekraftsprofil for lokalmatbasert reiseliv som kan brukes i markedsføringen av bedriftene.

Viktige barrierer for andre sektorer som FØNIKS har pekt på er:

- Teknologiutvikling og teknologiinvestering rundt biokullproduksjon er kostbart.
- Innsamling og transport av bioavfall er kostbart B2B (bedrift til bedrift)– trenger ny innsamlingsordning for bioavfall.
- Trenger bedre og flere støtteordninger for produksjon og bruk av biokull – og premiere mest effektiv CCS.
- CO₂ blir ikke regnet som forurensning etter forurensningsloven.
- Mangler avgift på utslipp av metan.
- Mangler skatt på bruk av jomfruelige råvarer.
- Biokull regnes ikke med i offentlig klimaregnskap – rapportering til FNs klimapanel
- Trenger kvalitetskategorier av biokull - til ulike bruksområder etter innhold av forurensende stoffer. Rent biokull til landbruket, forurenset biokull over tillatte grenseverdier kan gå til andre bruksområder (betong, asfalt, filterteknologi m.m.).
- Det vil bli kostbart med høy frekvens på testing og kvalitetskontroll av biokullprodukter
- Lønnsomheten for biokullproduksjon vil avhenge av salg av både bioenergi og biokull, langsiktige kundeavtaler eller leveringsgaranti for fjernvarme er viktig før etablering av nye biokullanlegg.

7. Konklusjoner og anbefalinger

7.1. Forslag til ny verdikjede for biokull i Sogn



Figur 18: Forslag til ny, regional verdikjede for utnyttelse av energi og C innhold fra veikantflis/skogsflis (GROT).

Vi har gjennom råstoffkartlegging i kap. 3 og miljøvurderinger i kap. 4 vist at det er et betydelig potensial for å etablere biokullproduksjon fra biologiske avfallsfraksjoner SIMAS allerede samler inn, eller kan få samlet inn. **De fraksjonene som etter våre beregninger i kap. 4 har høyest potensiale for bruk i biokullproduksjon er trevirke fra veirydding etterfulgt av skogsflis/GROT.** At det er veikantflis etter veirydding som peker seg ut positivt ut, er det flere grunner til. Råstoffet er tilgjengelig i relativt store mengder (5 386 tonn TS), det er å regne som et rent råstoff uten forurensende stoffer, som kan redusere kvaliteten på biokullet. Videre har

trevirke fra veirydding og GROT relativt høyt innhold av karbon og høyt varmepotensiale, gir bra biokull utbytte, og uttaket av trevirket skjer nær veier og infrastruktur, med enkel tilkomst for utstyr og transportmiddel. Det er også allerede etablert kontakt mellom selskapene SIMAS og Presis Vegdrift, og det er vilje og driv hos begge verdikjedeaktørene til å gjøre noe gunstig for klima og miljø, gjennom å løse eksisterende utfordringer med avfallet. Et annet argument for bedre utnyttelse av veikantflis, er at den i store mengder i grøftkantene, kan utgjøre en fare for veisikkerheten, for eksempel ved at flisen kan tetter stikkrenner og grøfter, og forhindrer at nedbør dreneres bort fra veien ved store nedbørsmengder.

Det som gjenstår for at denne verdikjeden kan utvikles, er forutsigbare rammebetingelser fra det offentlige og prisavklaringer mellom aktørene, slik at investeringer i kuttemaskiner og ekstra bemanning osv. for råstoffleverandøren svarer seg, både økonomisk og miljømessig. Økonomisk kan dette skje ved at veiryddeselskapet får en råvarepris eller lav «gate fee» (pris) ved levering av avfallet, eller at de kan dekke inn ekstrakostnader for miljø og klimahensyn ved bioavfallshåndtering i anbudet med det offentlige. Det må bli lønnsomt for entreprenører med ansvar for veirydding å levere avfallet til videre prosessering med dagens klimautsikter og mål om utslippsreduksjoner i alle sektorer. Endringer kan jo også stimuleres gjennom negative insentiver, slik som krav om at trevirke skal leveres til godkjent avfallsmottak eller utnyttes til bioenergi/biogass/biokull i offentlige anbudskontrakter for veivedlikehold.

Skogsavfall/GROT har også høyt potensiale viser tallene våre i kap. 3 og 4. Dette er også et rent råstoff som kan gi god kvalitet på biokullet. Her er det vesentlig større utfordringer med innsamling og logistikk, siden mye av kystskogbruket her i Sogn er brattlendt og avvirking skjer via taubaneuttak. Men, tømmeret skal jo ut og transporteres vekk, så dersom insentiver kommer på plass som kan stimulere til uttak av GROT, vil dette kunne gjøre flere skogeiere interessert i ekstrainnsatsen som kreves for å ta ut GROT fra skogen.

Begge de nevnte råstoffene ligner hverandre både i karboninnhold, energi-innhold, biokullutbytte og behov for forbehandling gjennom kutting, flising og tørking av råstoffet. Disse trebaserte råstoffene kan derfor lett kombineres i samme anlegg, også sammen med det trebaserte avfallet SIMAS alt håndterer i dag, som hageavfall og blandet trevirke. Dette vil gjøre valget av teknologi og pyrolyseovn lettere for SIMAS, eller andre aktører som ønsker å starte med biokullproduksjon i Sogn.

7.2. Klimaeffekter av eventuell biokullproduksjon på Kaupanger

Biokullproduksjon i regionen, vil være et viktig bidrag til å redusere klimagassutslippene fra avfallshåndtering, både fra landbruket og fra andre næringer med biologisk avfall. Biokull kan også redusere klimafotavtrykket til landbruket og andre næringer gjennom å bli *brukt* til jordforbedringsmiddel, eller langtidslagring av karbon i ferdigprodukter som betong eller asfalt. Produksjon og bruk av biokull vil være med å oppnå FNs bærekraftsmål nr. 12, *Ansvarlig forbruk og produksjon* og nr. 13, *Stoppe klimaendringene*, både for SIMAS og for andre verdikjedeaktører i regionen. **Våre forenklede beregninger viser at SIMAS har mulighet for å samle inn 19 652 tonn råstoff per år fra ulike tre- og slambaserte råstoffkilder.** Hvis dette er tørket og gjort i stand for pyrolyse, **kan SIMAS produsere opptil 5 896 tonn biokull per år**, og hvis alt dette tilbakeføres til jord, kan det bidra med en **karbonbinding i jord på 2 728 tonn karbon eller ca. 10 000 tonn CO₂-ekvivalenter per år.**

Nå finnes det ikke en “one size fits all”-pyrolysereaktor på markedet i dag, slik at SIMAS må ta en beslutning om hvilket råstoff de har mest tro på, basert på f.eks. behov for tørking, renhet av råstoff i henhold til gjødselveforskriften, og økonomiske faktorer. Hvis det viser seg at noen av de andre råstoffene som er mer fuktige og næringsrike råstoffene *ikke* er egnet til forkulling, kan SIMAS vurdere om dette heller skal gå til kompostering, eller om de vil levere avfallet til andre produsenter av biodrivstoff eller biogass. **Alt biogent avfall er for verdifullt for 2030-samfunnet i Sogn, til at det skal transporteres med dieselbiler til Sverige og forbrennes der.**

Vi har ikke tatt hensyn til klimagasser som kan oppstå i selve komposteringsprosessen i kap. 4, men foreløpige funn viser at **biokull vil redusere, eller ha netto null påvirkning på dannelse av drivhusgasser under kompostering.**

Det viser seg å være spesielt gunstig å lagre biokull i vestlandsjord. Ifølge våre beregninger, med en nedbrytingskalkyle hentet fra Woolf et al. 2021, ser vi at **14 % mer biokull karbon vil være lagret i et vestlandsk jordsmonn i et 100 års-perspektiv, sammenlignet med gjennomsnittet for globale landbruksområder.** Dette skyldes at vestlandsjord har en årlig gjennomsnittstemperatur i jorda på 8-9 grader, mens jordtemperaturen globalt er gjennomsnittlig 14,9 grader.

7.3. Anbefalinger til SIMAS

1. Dersom biokullproduksjon er noe SIMAS vil satse på, **vil vi anbefale å utvinne biokull fra veiryddeavfall, GROT, hageavfall og annet rent trevirke**, samt eventuelt sikterest fra kompostering (forutsatt at denne ikke inneholder forurensninger) og unngå avfallsfraksjonene slakteriavfall, fiskeslam, avløpsslam.
2. SIMAS bør planlegge pyrolyseanlegget slik at den stipulerte restvarmen på 24,2 GWh kan utnyttes som fjernvarme.
3. SIMAS IKS bør vurdere å inngå samarbeid med en vertskommune i Sogn, som kan søke om Klimasats-midler for etablering av et pilotanlegg for biokullproduksjon. Slik klimasatsordningen administreres i dag, så er det mulig for kommuner å hente ut store midler til gode klimatiltak. Fylkeskommunale midler fra ordningen «Grøn konkurransekraft/klimainnovasjon» kan også gå til å dekke egeninnsats i Klimasatsprosjekt, for å utløse mer statlig støtte til konkrete tiltak.
4. SIMAS bør videreutvikle kompostproduktet sitt og utvikle nye produkter som inneholder biokull. Gjennomføring av testforsøk og dokumentasjon på positive avlingseffekter og klimaeffekter vil skape et større marked for bruk av kompostprodukter blandet med biokull til jordforbedring i regionen.
5. Samarbeide med de andre interkommunale avfallsselskapene, slik at de tre regionene får komplementære løsninger for bioavfallshåndtering og kan utveksle råstoff, etter hvilken behandlingsløsning som er best ut fra råstoffenes biologiske, kjemiske og fysiske egenskaper.

7.4. Policy-anbefalinger for å stimulere nye verdikjeder for biokull

1. IN-ordningen *Fornybar energi i landbruket* har stor pågang av søknader og man bør vurdere å øke bevilgningen til ordningen for 2022, for å møte den økende etterspørselen etter midler til investeringer innen produksjon av bioenergi/biogass/biokull.
2. Når klimaplanene i Vestland fylke skal revideres og slås sammen til én, vil vi anbefale å inkludere biokull, både som et nytt klimatiltak og som et klimatilpasningstiltak, i tillegg til å bli et nytt satsingsområde innen bioøkonomi/sirkulær økonomi.
3. Alle insentivordninger for avfallsreduksjon, klimatiltak, miljøforbedringer, stimulering av landbruket og sirkulær økonomi/bioøkonomi innenfor klima/miljø og landbrukssektorene må gjennomgås, for å sikre at eksisterende ordninger ikke motvirker hverandre, eller ikke er dekkende nok for kjente og framtidige teknologier, eller ikke stimulerer den ønskede utviklingen mot lavutslippssamfunnet.
4. Selv om biokull kan forbedre komposteringsprosessen og har vist seg å ha en del agronomiske fordeler, vil dette også øke kostnaden ved et biokull/kompost-produkt. Det er ingen garanti for at den agronomiske gevinsten fra biokull vil veie opp for den økte kostnaden for biokull i sluttproduktet. Samtidig er biokull en langtidsinvestering i jordkvalitet og bidrar som et effektivt klimatiltak for samfunnet. Vi anbefaler å vurdere tilskuddsordninger, som kan støtte bøndene for den karbonbindingseffekten biokull gir, for å dekke den merkostnaden de har ved innkjøp av biokullholdige kompostprodukter. Her viser vi til forsøksordningen i Trøndelag fylke med et tilskudd til bruk av biokull på skarp sandjord, tilskuddet er på 3000 kr per dekar for å spre 150 kg biokull per dekar.
5. Det må generelt på plass flere insentivordninger for produksjon og bruk av biokull i landbruket, hagebruket eller til andre karbonlagrende formål i landbrukssektoren. Ved å stimulere umodne verdikjeder for biokull, kan man klare å realisere betydelig mer karbonbindingspotensial enn det konservative estimatet i Klimakur på 0,08 mill. tonn per år de neste 10 årene. Eksempler på tilskudd som bør vurderes er:
 - Støtte til bruk av biokull som klimatiltak og klimagassreduksjon (se pkt. 4)
 - Støtte til skogeiere/gårdbrukere for levering av biomasse til biokullproduksjon
 - Støtte til tiltak for økt dyrevelferd, bedre ernæring og dyrehelse, med mindre utslipp av klimagassen metan – f.eks. biokull i fôret kan gi reduksjon i CH₄.

- Støtte til oppgradering av egen husdyrgjødsel med biokull, gjennom å tilsette biokull enten i foret eller innblandet i gjødselkjeller (hindrer N-tap).
 - Støtte tiltak for bevaring av biologisk mangfold, utryddingstiltak for fremmede plantearter, skadelige mikroorganismer og spiredyktige frø gjennom pyrolyse av biomasse til biokull
 - Støtteordninger for å ta i bruk aktivisert biokull som torverstatning i hager og hagelag.
- 6.** Avfallsregelverk, forurensningsregelverk og gjødselregelverk må gjennomgå slik at regelverket ikke utgjør et hinder for utvikling og bruk av bio-CCS som biokull i landbruket eller i andre sektorer. Gjødselvareforskriften som har vært til revidering lenge, må raskest mulig tre i kraft.
 - 7.** Landbruksaktører ønsker seg bedre veiledning på muligheter de har til å produsere, levere råstoff til eller ta i bruk biogass/bioenergi/biodrivstoff/biokull i sin virksomhet – dette er kompetanse NLR eller andre kan bygge opp og tilby bøndene.
 - 8.** «Bank og børs» tjeneste bør bygges opp – skal etterspørsel og salg av biomasse, bioavfall, biogass/bioenergi og biokull øke, må det bli lettere for produsenter å få tak i egnet råstoff og for kunder å få tak i biokullprodukter.
 - 9.** Offentlige anbud kan brukes til å påvirke verdikjeden for biokull ved f.eks. å sette krav til: utnyttelse av bioavfall fra f.eks. veirydding og linjerydding, substitusjon av torv i grønt anlegg og infrastruktur, substitusjon av tilsetningsstoffer som bituben i asfalt, bruk av miljøbetong i prosjekter m.m.
 - 10.** Norge må legge press på FNs klimapanel om at biokull raskest mulig må bli regnet med som et klimagassreduserende tiltak i de nasjonale klimautslippsregnskapene.

Referanser

Asis Acosta Moreno, J.C.F.: Potential environmental impacts from fish sludge biogas production in Norwegian salmon farming, [Master Thesis NTNU](#) 2016, Table 1.

Assandri, D., Pampuro, N., Zara, G., Cavallo, E., Budroni, M., 2021. Suitability of composting process for the disposal and valorization of brewer's spent grain. *Agric.* 11, 1–12.
<https://doi.org/10.3390/agriculture11010002>

Barnes, D. 2017. The permaculture earthworks handbook. New Society Publishers, British Columbia, CA.

Brekke, A., Soldal, E., Saxegård, S., Svanes, E., Lerche Raadal, H.: Klimavirkninger av ikke-skogbasert bioenergi, [NVE-Rapport 48, 2017](#), side 28.

Budai, A., Rasse, D.P., Lagomarsino, A., Lerch, T.Z., Paruch, L., 2016. Biochar persistence, priming and microbial responses to pyrolysis temperature series. *Biology and Fertility of Soils* 52, 749–761.

Cabell, J., Brod, E., Ellingsen, J., Løes, A., Solli, L., Standal, I.B., Toldnes, B., 2019. Bruk av tørket slam fra settefiskanlegg som gjødsel i norsk landbruk. NIBIO Rapport, (5) 146.
<http://hdl.handle.net/11250/2630914>

Cheng, C.H., Lehmann, J., Thies, J.E., Burton, S.D., Engelhard, M.H., 2006. Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes. *Org. Geochem.* 37, 1477–1488.
<https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2006.06.022>

Comesana, D.A., Comesana, I. V., Mato de la Iglesia, M. 2017. Municipal Sewage Sludge Variability: Biodegradation through Composting with Bulking Agent. Table 3: Physicochemical composition of 35 sewage sludge samples in Galicia, Spain. <https://doi.org/10.5772/intechopen.75130>

Comesana, D.A., Comesana, I. V., Mato de la Iglesia, M. 2018: [Municipal Sewage Sludge Variability: Biodegradation through Composting with Bulking Agent](#), Table 3: Physicochemical composition of 35 sewage sludge samples in Galicia, Spain.

Cornelissen, G., Martinsen, V., Shitumbanuma, V., Alling, V., Breedveld, G.D., Rutherford, D.W., Sparrevik, M., Hale, S.E., Obia, A., Mulder, J., 2013. Biochar effect on maize yield and soil characteristics in five conservation farming sites in zambia. *Agronomy* 3, 256–274.
<https://doi.org/10.3390/agronomy3020256>

Del Campo, L.M., Ibarra, P., Gutiérrez, X., Takle, H.: Utilization of sludge from recirculation aquaculture systems, [Report 9/2010](#), Published March 2010, side 33.

Erlandsen, A.M., Haavardsholm, O., Rosnes, O., Skjelvik, J.M., Skøien S. 2019: [Samfunnsøkonomisk analyse av økt bruk av biorest som klimatiltak](#), Norsk Landbruksrådgiving

Fischer, D., Erben, G., Dunst, G., Glaser, B., 2018. Dynamics of labile and stable carbon and priming effects during composting of sludge and lop mixtures amended with low and high

amounts of biochar. Waste Manag. 78, 880–893.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.06.056>

Foreningen Norske Lauvtrebruk (2021) Fysiske egenskaper.
<http://www.lauvtrebruk.no/pages/25>

Forest Research (2021) Carbon emissions of different fuels.
<https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/ftth/biomass-energy-resources/reference-biomass/facts-figures/carbon-emissions-of-different-fuels/>. Sjekket 26. oktober 2021.

Glaser, B., Lehmann, J., Zech, W., 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal - a review. Biol. Fertil. Soils 35, 219–230.
<https://doi.org/10.1007/s00374-002-0466-4>

Gu, H., Bergman, R.: Cradle to Grave Life Cycle Assessment of Syngas Electricity From Woody Biomass Residues. USDA Forest Products Laboratory, United States Department of Agriculture. August 2016.

Kätterer, T., Roobroeck, D., Andrén, O., Kimutai, G., Karlton, E., Kirchmann, H., Nyberg, G., Vanlauwe, B., Röing de Nowina, K., 2019. Biochar addition persistently increased soil fertility and yields in maize-soybean rotations over 10 years in sub-humid regions of Kenya. F. Crop. Res. 235, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.02.015>

Lehmann, J., Abiven, S., Kleber, M., Pan, G., Singh, B.P., Sohi, S.P., Zimmerman, A.R., 2015. Persistence of biochar in soil, in: Joseph, J.L. & S. (Ed.), Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation. Earthscan, Routledge, London:, pp. 236–282.

Moskalik, T., Gendek, A. 2019. Production of chips from logging residues and their quality for energy: A review of European literature. Forests 10(3), 262;
<https://doi.org/10.3390/f10030262>

N.M.P. Bocken, P. Rana & S.W. Short (2015) Value mapping for sustainable business thinking, Journal of Industrial and Production Engineering, 32:1, 67-81.

Narmo, L.E., 1996. Kokekameratene på Leikvin. Kult og kokegroper. Viking. Norsk arkeologisk årbok. Vol. LIX. Norsk Arkeologisk Selskap, Oslo, s79-100

O'Toole, A., Moni, C., Weldon, S., Schols, A., Carnol, M., Bosman, B., Rasse, D.P., 2018. Miscanthus Biochar had Limited Effects on Soil Physical Properties , Microbial Biomass , and Grain Yield in a Four-Year Field Experiment in Norway. Agriculture 8, 171.
<https://doi.org/10.3390/agriculture8110171>

Pereira, E.I.P., Suddick, E.C., Six, J. 2016: *Carbon Abatement and Emissions Associated with the Gasification of Walnut Shells for Bioenergy and Biochar Production*, Plos One,
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150837>

Rasse, D., Økland, I., Bárcena, T.G., Riley, H., Martinsen, V., Sturite, I., Joner, E., O'Toole, A., Øpstad, S., Cottis, T., Budai, A.: [Muligheter og utfordringer for økt binding av karbon i jordbruksjord](#), NIBIO-Rapport 36/2019.

Reisser, M., Purves, R. S., Schmidt, M. W. I. & Abiven, S. (2016) Pyrogenic carbon in soils: a literature-based inventory and a global estimation of its content in soil organic carbon and stocks. *Front. Earth Sci.* 4.

Sala, S., Amadei, A. M., Beylot, A., Ardente, F. (2021) The evolution of life cycle assessment in European policies over three decades. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01893-2>

Sánchez-García, M., Albuquerque, J.A., Sánchez-Monedero, A., Roig, A., Cayuela, M.L., 2015. Bioresource Technology Biochar accelerates organic matter degradation and enhances N mineralisation during composting of poultry manure without a relevant impact on gas emissions 192, 272–279. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.05.003>

Sanchez-Monedero, M.A., Cayuela, M.L., Roig, A., Jindo, K., Mondini, C., Bolan, N., 2018. Role of biochar as an additive in organic waste composting. *Bioresour. Technol.* 247, 1155–1164. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.193>

Siebers, N., Godlinski, F., and Leinweber P. 2012. *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research* 1/2 2012, (62) pp. 59-64.

Steiner, C., Das, K.C., Melear, N., Lakly, D., 2010. Reducing Nitrogen Loss during Poultry Litter Composting Using Biochar. *J. Environ. Qual.* 39, 1236–1242. <https://doi.org/10.2134/Jeq2009.0337>

Walnum, H.J., Simonsen, M. 2015: Does driving behavior matter? An analysis of fuel consumption from heavy-duty trucks, *Transportation Research Part D: Transport and Environment* Volume 36, May 2015, Pages 107-120

Walnum, H.J.: Miljøkonsekvenser av returtretransport, *Vestlandsforskning-notat* nr. 2/2016

Wardle, D. A.; Nilsson, M.-C.; Zackrisson, O. Fire-derived charcoal causes loss of forest humus. *Science* 2008, 320, 629.

Woolf, D., Lehmann, J., Ogle, S., Kishimoto-mo, A.W., Mcconkey, B., 2021. Greenhouse Gas Inventory Model for Biochar Additions to Soil. *Environ. Sci. Technol.* <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c02425>

Årethun, T., Idsøe, J.: Biogass i Sogn, [HSF-Notat](#) 2/2013.

Vedlegg

Vedlegg 1. Innspillkartlegging rådata *landbruk*

Vi har systematisert alle innspill fra verdikjede-aktørene i FØNIKS inn i bærekraftkategoriene: ØKONOMI, MILJØ OG SOSIAL/SAMFUNN, se. kap. 6.7.5. Og holdt landbrukssektoren for seg her i vedlegg 1, mens innspill som gjelder andre sektorer er samlet i vedlegg 2.

LANDBRUKET		
INDIKATOR	MULIGHETER	BARRIERER
ØKONOMI - NÆRINGSUTVIKLING		
Teknologi	Øke verdiskaping gjennom produksjon av teknologi/maskiner for pyrolyse i Norge (i dag import av teknologi)	Tyske pyrolyseanlegg i dag (import, samt utenlandsk kompetanse og vedlikehold hindrer norsk teknologiutvikling) Det finnes ikke støtteordninger for å produsere ovner for pyrolyse hos IN, ingen produsent i utlandet lenger av KonTiki ovner Hvordan påføre/spre biokull? Effektiv utspredning vhs kroner/tid
Lokalisering	Varmegjenvinning viktig – plassering/lokalisering av anlegg vil avgjøre nytteverdi og økonomi	Små anlegg desentralisert eller store sentrale anlegg
ØKONOMI KUNDER/MARKED		
Nytteverdi	Fortilsetning Tilsett biokull til sandjord/repasere jordtrøtthet Biokull + husdyrgjødsel kan forbedre husdyrgjødsels mhp N-innhold Bruk i skogsvei - «Floating road» i myr Treplantning «Stockholmsmodellen» Torverstatting i blomsterjord Klimatilpassing Kombinere biokull i biogass anlegg (mer metan med biokull tilstede i biogassreaktoren) Biorest fra biogassanlegg + biokull kan bli et bedre samlet produkt Uren biomasse kan gå til bygg/anleggsbransjen Erstatte bruk av torv Filtrere og remediere tungmetaller og forurensning fra deponi (NGI og Lindum) – t.d binde forurensning fra gruvelslam + fiskeslam? I verste fall bruke biokull til grillkull (erstatte import av grillkull) Satse på andre produkter først + fjernvarme/prosessvarme før landbruket er modent for å ta imot biokullet Avling kan øke med biokull i sandjord (C-fattig jord) Biokull kan brukes til "table top" jordmedium til jordbær – da blir ikke biokullet blandet inn i matjorda, og vekstmediet kan resirkuleres isolert Hagebruk mer interessant marked enn landbruket Erstatte torv i potteplanteproduksjon, gartneri og planteskoler Enkelt testforsøk på 30 dekar - viste at den halvdelen med tilsatt biokull ga mer rug/mer avling I yrkeslandbruket med ettårige vekster, må en ha NPK gjødsel/kunstgjødsel også (Nitrogen, fosfor og Kalium). Biokull kan fungere godt i sammen med dette, da karbonet blir liggende i jorda, og hjelper på jordstruktur og vannbalanse	For dyrt? Kostnad vhs effekt på dyrehelse Husdyrgjødsel er det nok av på Vestlandet, få vil kjøpe biokull? Gjennomføre en markedsundersøkelse for betalingsvillighet regionalt Mer jordkartlegging i Vestland kan finne sandrike jordområder der biokull tilsats er bra Pris – vekstmedium vil konkurrerer med prisen for torvprodukt Må vanne jorden med biokull annerledes. 20 % biokull i jord i potteforsøk, suger saktere opp vannet Landbruket skal skape inntekter av sin jord – er derfor forsiktige – Hva vil det koste å ta i bruk biokull i landbruket?
Sirkulær økonomi	Skogbruket genererer mye flis som ikke blir brukt i dag + GROT	

LANDBRUKET		
INDIKATOR	MULIGHETER	BARRIERER
KLIMA OG MILJØ		
Kvalitet råstoff/ biokull	Sertifisering, dokumentasjon av biokullet og blandingsproduktet (kompost + biokull) (EBC standard)	Øke kommunikasjon om nytteverdi for samfunnet God nok dokumentasjon på biokullkvaliteten – må vite opprinnelsen av biokolet (hvilket råstoff etc.) Behov for tester/analyser av biokull – grense for f.eks naftaliner er 0,23 g pr. kilo
Toksikologi		Innhold av miljøgifter er viktig å holde lavt – må ikke forringe matjorda Tungmetall innholdet må vere lavt, krav til rensing av biokull eller regulere hvilke typer bioavfall som går inn i biokullproduksjon.
Jordforbedring/ agronomi	Kompost + biokull er en god blanding for jordforbedring Resirkulering av fosfor frå slam Grønn gjødsel fra Norge (steinmel, importert gjødsel i dag)	Effekten av produktet må dokumenteres bedre (mer FoU/uttestingsforsøk) Produksjon på matjorda har eit evigheitsperspektiv Mattilsynet ønsker steril jord? Mikroorganismer er viktig for jordkvaliteten. Men, vi må unngå patogene mikroorganismer.
Klimatiltak	Klimagasser fra landbruket kan reduseres med biokull Viktig at bonden får klimakompensasjon for bruk av biokull	Biokull regnes ikke med i klimagassregnskapet pr idag
SOSIAL/SAMFUNN		
Kunnskap/FOU	Demoeffekten med å ha biokullproduksjon på SJH viktig for tverrfaglige faget GARDSDRIFT Utpøving og samarbeid med lokale/regionale bønder Erfaringsvideoer – som kan vise andre hvordan de kan bruke biokull til ulike bruk	Vanskeleg å få finansiert studier for å reproducere andre sine forsøk (NOVELTY kravet til NFR) Ønsker nettverk for biokull (praktisk anvendelse og FoU)/Arena cluster el? Treng meir FoU om biokol for trygg agronomi
Regelverk	Bedre samordning av regelverk mellom myndighetsorgan: MT, SF, Ldir mm Regelverket for bruk av biokol i for og til jordforbedring/gjødsel må klargjerast	Off. klimaregnskap må regne inn effekt av biokol Torv må forbys Avfall/produktregelverket til Mdir må endres for å bruke ulike råstoff (m.a. ren brensel definisjon) Mattilsynet sine krav – passer ikke så godt til grønnsaksproduksjon Heimel til å brenne normalt jordbruksavfall etter U-lova må fjernast Gjødselvereforskrifta må tre i kraft
Koordinering/ rådgiving	Mer informasjon/kunnskap om biokull vil fremme bruk Ny rådgivingsteneste for biogass og biokol i landbruket	Må få gehør om biokull innen tradisjonell agronomi hos byråkrater/rådgiversorgan Anlegg for biogass/bioenergi må godkjennast både av Mattilsynet (og Statsforvaltaren)
Støtteordninger	RMP ordninga kan omfatte støtte til biokull CO2 skatt inn i klimafond? Nytt tilskot til karbonbinding i skogsjord Endre reglar for Skogfond - for å bruke biokol i skog Nye reglar for biokol tilsats i dyrefor Støtteordning for lagring av biokol i jordbruket Stimulere til bruk av biokol ved planteskulane Støtte for å bruke biokol i skogsbilvegar (i myr)	Trenger støtteordninger for bruk av biokull Stille klimakrav i plan og innretting av tilskot

Vedlegg 2. Innspillkartlegging rådata for andre sektorer

ANDRE SEKTORER		
INDIKATOR	MULIGHETER	BARRIERER
ØKONOMI - NÆRINGSUTVIKLING		
Teknologi	Ta i bruk henteteknologi frå oljenæringa til kloakk/slam Skape næring av å øke tørrstoffinnholdet i slam/kloakk Fleire brennkammer Kombinere biogass med pyrolyse av biorest Oxy WtE Reinseteknologi	Mobil løsning for biokullproduksjon vil ha nedetid ift. stasjonær Vekt og volum på avfallet må ned Trenge oversikt over teknologi på ulike TRL nivå Prosessoptimalisering av masse/energi balanse Kostbar teknologiutvikling Kostbar teknologi investering
Lokalisering	Samlokalisere deponi, biokullproduksjon, fjernvarmeanlegg og renseanlegg Bruker korteste ressurser Samarbeide om pilotanlegg, Hub'er Plassere anlegg der infrastruktur er på plass Mindre deponi der en kan tørke bioavfallet før videre transport	Må være tilpasset småskalaproduksjon Behov for kosteffektiv behandling for mindre volum Er de store norske aktørene et problem?
Avfall som ressurs	Ressursutnyttning Avfallsreduksjon	Biokull fra urent råstoff - nytte eller avlat?
Logistikk/transport		Trenger ny innsamlingsordning for bioavfall Ingen støtte til innsamlere av bioavfall i dag Nye klimakrav til utnyttning av returtransport (unngå tomme lastebiler) Krav til at flis fra vegvedlikehold må samles inn
ØKONOMI KUNDER/MARKED		
Nytteverdi	Gjester kan kjøpe med en pose biokull hjem Mulig å kompensere for klimagassutslipp fra reisen, ved at overnattingsstedet binder CO2 – vise fram det sirkulære regnskapet Bruke hageavfall og matavfall til egen biokullproduksjon – fortelle historien om resirkulering til gjester Reinseteknologi i industrien metallurgisk industri Reinse/binde miljøgifter på deponi Remediering ureina grunn Karbonkreditt «Puro earth» Nye bruksområder vil komme med FoU Erstatte fossilt kol i betongindustri Tilsats i asfalt Tilsats i betong Klimatilpassing X har testet ut med å blande trekull fra vedovn sammen med Bokashikompost med god effekt Kommuner er opptatt av å øke resirkulering og bygge grønnstruktur – jordhelse er viktig i slike prosjekter Gjere klimakutta konkrete for gjester i reiselivsnæringen – få utregning av karbonbindingspotensialet – lage klimakalkulator? Utnytte returtransport (ref. Felleskjøpet og landbruksplast) Alpakkamøkk gunstig å blande sammen med biokull	Må få til kundeavtaler før investering Bedre «in kind» praksis Transport og logistikk kostbart for mange små mengder med avfall - B2B
Bank/børs	Regionvis bank og børs over biogass, bioenergi og biokull	
Bærekraft	Produktyggleik gjennom merkeordning/sertifisering Må se på helhet – biokull har viktige funksjoner for mange bærekraftsmål for kommuner Passer godt inn i bærekraftsprofilen til serveringssteder som har hagebruk og lokalmatproduksjon i sin profil	

Tabellen fortsetter på neste side.

ANDRE SEKTORER		
INDIKATOR	MULIGHETER	BARRIERER
KLIMA OG MILJØ		
Kvalitet råstoff/biokull	Standardisering - same produkt hjå ulike produsentar	Frekvens på testing og kostnad på analyser kan bli krevende ved bruk av urent råstoff HMS krav - for skadelige stoff i biokull fra urent råstoff
Toksikologi	Produktutvikling - substitusjon Biokol er både lagring av karbon og miljøgifter (klima + miljøtiltak) Pyrolyse ved 1000 grader kan separere tungmetall biokull kan være renseteknologi og filtrering av miljøgifter	PAH, tungmetall, fenoler fra urent råstoff Krav til sortering av biokull med ulik kvalitet Lukt/utslepp av gasser og fine partikler til luft fra urent råstoff
Klimatiltak	Gradere effektivitet på karbonlagring - nedbrytingstid vhs. gjenbruk av karbon	Biokol må bli ein del av utrekning av karbonbudsjettet
SOSIAL/SAMFUNN		
Kunnskap/FOU	Miljøfyrtårnturisme – selge fortellingen om den sirkulære bruken av ressurser – påvirke andre til endring Snakke mer sammen, på tvers av kommuner/regioner Flere workshops Felles plattform for erfaringsutveksling og kunnskapsdeling Lære korleis Sverige får det til Samarbeid/arbeidsdeling på tvers av regioner Infobank	Bryte ned barrierer mot tett dialog i næringslivet Trenger bedre B2B* koblinger Må «lønne» seg for alle ledd i verdikjeden Kostbar kompetanseheving industrien Tettare kopling FoU og næringslivet Kunnskap om avrenning av tungmetall
Regelverk		U-lova, avfallsregelverket, biproduktforskrifta regulerer bruk av avfall og grenseverdier for forurensninger i produkt Endringar for bruk av ureina avfall/råstoff til nye produkt
Koordinering/rådgiving	Regelverksråd på tvers av stat og kommune Nettverk Tverrfaglege dialogplattformer	Informasjonsutveksling mellom offentlige organ
Støtteordninger	ESG score (bærekraft) avgjøre støttegrad	Gjøre småskalaløsninger mer lønnsomme Støtteordning for produksjon ENOVA sine reglar må endrast - miljø/klimanytte må vektast høgare
Avgifter/skatt		CO2 ikkje rekna som ureining etter U-lova Manglar avgift for metanutslepp Ureinar betalar (metan, lystgass og CO2) Skatt på jomfruelege råvarer Subsidier til gjenbruk av ressursar Støtte til brukere Støtte til samarbeidsprosjekt
Off. Anbod	Nye veiryddekontrakter til t.d. Vegvesenet bør ha krav om ressursutnytting SIMAS og VLFK ser på løsinger for bruk av kompost Premiere miljø/klimakrav endå høgare i anbod Krav til erstatte torv Krav til erstatte biotuben i asfalt Nullutsleppskrav (biogass er ikkje nullutslepp)	Støtteordningar vris mot mest effektiv CCS/CCU
Syssetsetting	Bruke innovative anskaffelsar	Fleire kommunar må utvikle grøn innkjøpsstrategi

Vedlegg 3. Resultat fra spørreundersøkelse

ANALYSE SPØRREUNDERSØKELSE FØNIKS						
Informant nr.	1	2	3	4	5	
Type virksomhet	Slakteri	Avfallsselskap	Avfallsselskap	Gårdbruker	Gårdbruker	
Biomasseprodusent	Type og mengder biologisk avfall pr. år	2500 tonn/år	2500 t/år våtorg. matavfall	20 m3 husdyrgjødsel, litt skogsavfall	Kvist og greiner etter trebeskjæring fra 7000 frukttre) + 100 kg ukurrant frukt	
	Håndtering i dag	Kompostering, leverer til Biosirk	Kverner treverk til forbrenning (2000 t/år) Hageavfall komposteres (500 t/år)	Gjødsel	Knust og brukt i hagen Utsalg av ukurrant frukt	
	Kostnad levering/håndtering		Kompost 100 kr pr. t Trevirke 500 kr pr. t	1,8 mill kr pr år	Nei	Nei
	Spesielle egenskaper/krav til bioavfallet	Vanninnhold	Max. 20 % vanninnhold, max. 2 % malt trevirke, ikke farlig avfall, ikke annet avfall	Leveres ubehandlet i dag, avfallet må pasteuriseres til biogassproduksjon	Nei	
	Kunnskap om verdikjeder for BIOENERGI	Middels	Høy	Middels	Middels	Liten
	Kunnskap om verdikjeder for BIOGASS	Middels	Høy	Høy	Middels	Liten
	Kunnskap om verdikjeder for BIOKULL	Middels	Høy	Middels	Høy	Liten
	Egne planer om produksjon av bioenergi/biogass/biokull	Nei	Nei	Ja, biogass produksjon	Ja, produserer litt i dag, blandes med husdyrgjødsel	Nei
	Hva som må til for å levere bioavfallet til regional aktør for produksjon av bioenergi/biogass/biokull	1. at konsernet avgjør hvordan vi skal håndtere bioavfallet 2. være til nytte for jordbruket i regionen	1. Nye krav til annen avfallshåndtering 2. bedre innsamling/transport 3. Gratis levering til annen aktør 4. offentlig støtte til klimatiltak	1. bedre innsamling/transport 2. offentlig støtte for klimatiltak 3. at vi får klimakreditt	1. har for lite volum av frukt i dag til å være aktuelt	
	Utnyttelse av bioavfall er med i virksomheten sitt arbeid med miljø, klimatiltak og bærekraft	I middels grad, kontakta av mange som kartlegger biomasse	I liten grad	I stor grad	I middels grad	I liten grad
	Bruk av bioenergi, biogass el biokull satt på dagsorden i arbeidet med miljø, klimatiltak og bærekraft	I liten grad	I liten grad	I middels grad	I middels grad	I liten grad
Biokullbruker	Kunnskap om bruk av biokull			Høy	Liten	
	Behov for mer kunnskap om biokull sin nytteverdi			Middels	Høy	
	Behov for jordforbedringsmiddel, N/P gjødsel, torv pr. år			Bruker 1,5 tonn kunstgjødsel pr. år	Bruker 1 tonn fullgjødsel og 0,5 tonn gjødsel til gjødselvanning	
	Hvordan vil du bruke biokull?			Jordforbedring	Ikke vurdert	
	Hva som må til for at du vil bruke jordforbedringsmiddel som inneholder biokull			1. offentlig støtte for klimatiltak 2. klimakreditt for lagring av C i biokull 3. lokalt/regionalt produsert biokull med lite CO2 fotavtrykk	1. at kvaliteten og stabiliteten tilfredsstiller mitt formål	
	Behov for biokull i volum/mengde			4 tonn pr. år, 100 kg biokull pr. dekar pr. år	Tilsvarende bruk til 1,5 tonn kunstgjødsel	
	Bruk av biokull er vurdert som et tiltak i miljø, klima eller bærekraft			I stor grad	I liten grad	

ANALYSE SPØRREUNDERSØKELSE FØNIKS

	Informant nr.	6	7
	Type virksomhet	Tek-gründer	Tek-etablert bedrift
Teknologileverandør	Teknologi dere produserer	Pyrolyseovn	Pyrolyseovn, tørketeknologi (TTU)
	Teknologi modenhet	Moden, men trenger promotering for storskala produksjon	Tørke er i drift, pyrolyse er under utarbeiding
	Fordeler med denne teknologien	Enkel å bruke, mobil, lav investeringskostnad, 12000/17000/28000 inkl. MVA for ulike str.	Enkel å bruke, mobil, lav investeringskostnad, lav driftskostnad, avansert teknologi og regulerbar prosess, kan starte/stoppe og utnytte sidestrømmer.
	Krav til råstoff	Vanninnhold (20-30 %), størrelse (10-15 cm diameter) og rent råstoff	Ingen
	Biprodukter/sidestrømmer som produseres	varme	Varme, damp
	Håndtering, utnyttelse av biprodukt/sidestrømmer	Ingen, men kan grille mat på slutten av brenningen	Fjernvarme
	Stabilitet av biokull	Ikke testet, tilsvarende teknolog har høy kvalitet, vil avhenge av påfylling av biomasse i ovnen.	Ukjent